

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zdvihací zařízení pro dopravu osob

Lifting Equipment for People Transportation

Student: Bc. Tomáš Kaufman
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Kaufman**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Zdvihací zařízení pro dopravu osob**
Lifting Equipment for People Transportation

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce vypracujte stručnou rešerši dané problematiky. Navrhněte vhodné zdvihací zařízení pro dopravu osob v konkrétním prostoru bytového domu. Zpracujte variantní řešení vertikální dopravy osob v daném volném prostoru schodiště stávajícího objektu bytového domu. Rozměry prostoru výtahové šachty určete a stanovte dle skutečného zaměření. Navrhněte hlavní rozměry a konstrukci potřebné výtahové šachty včetně hlavních ocelových nosníků. Stanovte dle platných norem maximální zatížení klece a maximální počet přepravovaných osob. Návrh podložte potřebnými pevnostními a případně dalšími funkčními výpočty. Zpracujte rovněž potřebnou výkresovou dokumentaci v požadovaném rozsahu. Bližší specifikace provozních podmínek a dalších relevantních parametrů určí zadavatel – ČKAIT

Seznam doporučené odborné literatury:

REMTA, F. - KUPKA, L. - DRAŽAN, F. *Jeřáby I. díl*. Praha: Druhé vydání SNTL Praha 1974. 637 st.
JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
LEINVERT, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, Praha, 1999. ISBN 80-7183-164-6
Relevantní normy (EN 81-1+A3, EN81-2+A3)
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě...**19.5.2014**.....

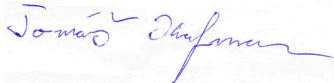

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: **19.5.2014**



.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Tomáš Kaufman

Adresa trvalého pobytu autora práce: U Lesa 731, 734 01, Karviná – Ráj

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kaufman, T. Zdvihací zařízení pro dopravu osob: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 66 s. Vedoucí práce: Fries, J.

Diplomová práce se zabývá návrhem výtahu v existující budově. Návrh výtahu spočívá v návržení konstrukce šachty, způsobu pohonu výtahu a jeho umístění, které navazuje na umístění vodiček klece a protiváhy. Podle polohy vodiček se dále navrhuje klec a protiváha. Veškeré navržené konstrukční části jsou podrobeny pevnostní analýze pro zaručení jejich bezpečnosti. Závěrem jsou použity údaje vzešlé z návrhu k vytvoření výpočtové zprávy potřebné ke schválení výtahu do provozu.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

Kaufman, T. Lifting Equipment for People Transportation: Diploma Thesis. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 66 p. Thesis head: Fries, J.

This thesis describes the design of an elevator in an existing building. The lift design consists of designing its shaft construction, method of lift drive and its location, which is related to the location of the cage and counterweight guide rails. Depending on the position of the guide rails, cage and counterweight are designed. All proposed components are subjected to stress analysis to ensure their safety. Finally, data are obtained from the proposal to create a calculation report for the approval of operation status of the elevator.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....	8
0 ÚVOD.....	10
1 ZÁKLADNÍ INFORMACE	11
1.1 Charakteristika výtahu	11
1.2 Rozdělení výtahů.....	11
1.2.1 Podle pohonu.....	11
1.2.2 Výtahy s elektrickým pohonem podle ČSN ISO 4190-1	11
1.3 Základní parametry výtahu	11
1.4 Hlavní části výtahu.....	12
1.5 Způsoby lanování výtahů	13
2 VOLBA POHONU KLECE	14
2.1 Zhodnocení výtahových pohonů	14
2.2 Porovnání spotřeby převodového a bezpřevodového stroje.....	15
2.2.1 Převodový výtahový stroj	15
2.2.2 Bepřevodový výtahový stroj	16
2.2.3 Srovnání spotřebované elektrické energie.....	16
2.3 Parametry použitého výtahové stroje	17
3 NÁVRH ŠACHTY, UMÍSTĚNÍ KLECE, PROTIVÁHY A OMEZOVAČE RYCHLOSTI.....	19
3.1 Konstrukce šachty	19
3.2 Hlava šachty a prohlubeň	20
3.2.1 Řešení bezpečnostního prostoru nad klecí výtahu dle EN 81-21.....	22
3.2.1 Řešení bezpečnostního prostoru pod klecí výtahu dle EN 81-21	24
3.3 Umístění klece a protiváhy v šachtě.....	26
3.4 Umístění omezovače rychlosti v šachtě	29
3.5 Ověření správnosti návrhu konstrukce šachty.....	31
3.5.1 Analýza napětí vzniklých v konstrukci šachty.....	31
3.5.2 Kontrola nosného profilu na ztrátu stability.....	33
4 NÁVRH KLECE	34
4.1 Zavěšení klece	34
4.2 Současné klece s bočním vedením.....	35
4.3 Navržená klec s bočním vedením	36
4.4 Ochranná prahová deska	39
4.4.1 Řešení ochranné prahové desky dle EN 81-21	40
4.5 Ověření správnosti návrhu klece	41
4.5.1 Výpočet nosnosti klece	41
4.5.2 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece	43
4.5.2.1 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při běžném provozu.....	44
4.5.2.2 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při dosednutí na nárazník v prohlubni	46
4.5.2.3 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při působení zachycovačů	48
4.5.3 Kontrolní výpočet.....	51
4.5.3.1 Kvadratický moment průřezu.....	51
4.5.3.2 Průřezový modul v ohybu	51
4.5.3.3 Ohybový moment.....	51
4.5.3.4 Ohybové napětí	51

4.5.3.5	Výpočet průhybu analytickou metodou	52
4.5.3.6	Porovnání výsledků	54
5	NÁVRH PROTIVÁHY	55
5.1	Analýza napětí vzniklých v protiváze	56
6	VÝPOČET ELEKTRICKÉHO VÝTAHU DLE EN 81-1+A3	58
6.1	Namáhání vodiček klece	58
6.1.1	Namáhání na ohyb při působení zachycovačů	58
6.1.2	Namáhání na ohyb při normálním provozu - jízda	59
6.1.3	Namáhání na ohyb při normálním provozu – nakládání, vykládání	60
6.2	Výpočet třecí schopnosti trakční kladky	61
6.2.1	Podmínka při nakládání klece	61
6.2.2	Podmínka při stojící kleci.....	61
6.2.3	Podmínka při nouzovém zastavování.....	61
6.3	Výpočet nosných lan	61
6.3.1	Volba vhodných lan	61
6.3.2	Stanovení požadované bezpečnosti.....	62
6.3.3	Výpočet velikosti průměru kladky	62
6.3.4	Výpočet tlaku v drážkách.....	62
6.4	Výpočet nárazníků	63
6.4.1	Pro klec.....	63
6.4.2	Pro protiváhu	63
7	ZÁVĚR.....	64
8	POUŽITÁ LITERATURA	65
9	SEZNAM PŘÍLOH	65

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

D_x	délka podlahy	[mm]
D_y	šířka podlahy	[mm]
E	modul pružnosti oceli	[MPa]
E_S	spotřeba energie	[kWh]
$E_{ROK, P}$	spotřeba energie za rok u převodového stroje	[kWh]
$E_{ROK, B}$	spotřeba energie za rok u bezpřevodového stroje	[kWh]
F_S	zatížení prahu během nástupu a výstupu	[N]
F_{KR}	kritická síla	[N]
F	síla od části nosnosti	[N]
J	kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
J_x	kvadratický moment průřezu profilu k ose x	[mm ⁴]
L	zdvih klece	[mm]
M_O	ohybový moment	[Nm]
$M_{(x1)}$	moment na proměnné vzdálenosti x_1	[Nm]
$M_{(x2)}$	moment na proměnné vzdálenosti x_2	[Nm]
P_{MAX}	maximální výkon	[kW]
$P_{PŘ}$	příkon elektromotoru	[kW]
P_{MAX}	maximální výkon	[kW]
Q	nosnost výtahu	[kg]
Q_{MAX}	maximální nosnost	[kg]
S_1	plocha hlavního prostoru kabiny	[mm ²]
S_2	plocha prostoru vstupu do kabiny	[mm ²]
S_K	celková plocha kabiny	[mm ²]
W_O	průřezový modul v ohybu	[mm ⁴]
l	délka	[mm]
l_{RED}	redukováná délka	[mm]
n	počet osob	[-]
s	vzdálenost mezi stropem budovy a stropem klece	[mm]
v	rychlost klece	[m/s]
w	vzdálenost mezi stropem a čelistmi klece	[mm]
w_1	průhyb profilu v bodě 1	[mm]
w_2	průhyb profilu v bodě 2	[mm]
x	hledaná nosnost	[kg]

x_1	proměnná vzdálenost 1	[mm]
x_2	proměnná vzdálenost 2	[mm]
z	vzdálenost mezi stropem a zábradlím klece	[mm]
η	účinnost	[-]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_t	napětí v tahu	[MPa]
φ_1	úhel natočení v bodě 1	[rad]
φ_2	úhel natočení v bodě 2	[rad]

0 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem výtahu v existující pětipatrové budově s obytnými jednotkami. Výtah je projektován ve společných prostorech a jeho rozměry jsou omezeny schodištěm, podlahou umožňující přístup do bytových jednotek a sloupy vyztužujícími jak podlahu, tak i schody. Je také podrobněji řešen problém nedostatečně hluboké prohlubně a nedostatečně vysoké hlavy šachty. Podle těchto problémů je následně navržen vhodný pohon výtahu a konstrukce klece společně s protiváhou.

Veškeré prvky vyžadující kontrolu bezpečnosti jsou ověřeny pomocí počítačových simulací. Zatěžující údaje potřebné pro simulace jsou získány na základě nosnosti výtahu vztahující se k ploše navržené podlahy.

Podstatné pro vypracování této diplomové práce jsou publikace: Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Část 1: Elektrické výtahy (ČSN EN 81-1+A3) a Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů – Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů v existujících budovách (ČSN EN 81-21). Z kterých jsou čerpány potřebné údaje pro návrh výtahu tak, aby prošel zkouškami při jeho předávání do provozu.

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE

1.1 Charakteristika výtahu

Výtah je stabilní zdvihací zařízení s přerušovaným provozem, obsluhujícím dvě nebo více stanic v různých výškových úrovních, vybavené klecí pro dopravu osob nebo nákladů. Klec se pohybuje po pevných vodítkách v šachtě výtahu.[2]

1.2 Rozdělení výtahů

1.2.1 Podle pohonu[2]

- s elektrickým pohonem
- s hydraulickým pohonem
- s pneumatickým pohonem

1.2.2 Výtahy s elektrickým pohonem podle ČSN ISO 4190-1[2]

- **třída I** – výtahy určené pro dopravu osob
- **třída II** – výtahy určené převážně pro dopravu osob, ale mohou se v nich přepravovat i náklady; od výtahů třídy I a III se liší v podstatě vnitřní úpravou klece
- **třída III** – výtahy určené pro dopravu lůžek
- **třída IV** – výtahy určené především pro dopravu nákladů, které jsou obvykle doprovázeny osobami
- **třída V** – malé nákladní výtahy – zde musí být splněna podmínka nepřístupnosti osob, rozměry klece nesmějí být větší než: plocha podlahy 1 m², hloubka 1 m, výška 1,2 m (výška větší než 1,2 m je dovolena, jestliže se klec skládá z několika oddílů, z nichž každý splňuje uvedené požadavky)

1.3 Základní parametry výtahu [2, 7]

Jedná se o parametry, které je třeba brát v potaz při navrhování nového výtahu.

- Nosnost výtahů: 320, 400, 630, 800, 1000, ...6300 kg
- Jmenovitá rychlost: 0,4 (pouze pro hydraulické výtahy); 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 m/s (1,6 až 6,3 m/s pouze pro elektrické výtahy)
- Umístění strojovny: nad šachtou, pod šachtou, vedle šachty

- Počet vstupů: přední, přední a zadní případně i boční
- Počet stanic
- Zdvih výtahu
- Rozměry šachty, klece a strojovny
- Napětí elektrické sítě
- Hustota spínání a zatěžovatel
- Druh řízení výtahu
- Provedení a ovládání šachetních dveří
- Umístění výtahu v budově a druh prostředí v budovách
- Přesnost zastavení

1.4 Hlavní části výtahu [2]

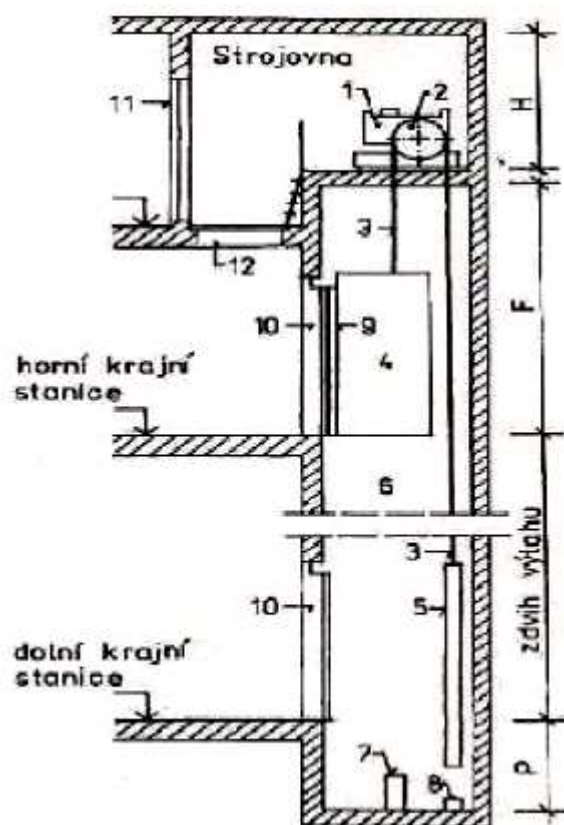
Výtah se strojovnou nad šachtou.

1. Výtahový stroj
2. Trakční kladka
3. Nosné prostředky
4. Klec výtahu
5. Vyvažovací závaží
6. Šachta výtahu
7. Nárazník klece
8. Nárazník protiváhy
9. Klecové dveře
10. Šachetní dveře
11. Dveře do strojovny
12. Montážní otvor

F – Hlava šachty

P – Prohlubeň

H – Výška strojovny



Obrázek 1.1 – Schéma výtahu se strojovnou nad šachtou[2]

1.5 Způsoby lanování výtahů [2]

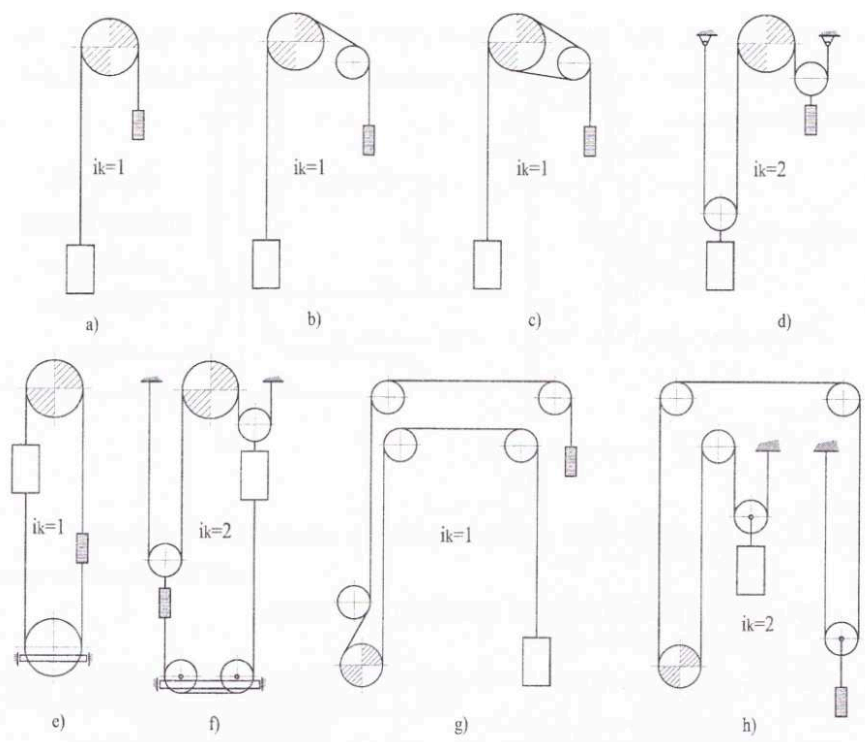
Schémata lanových systémů

a-f. – pro výtahový stroj v horní poloze

g-h. – pro výtahový stroj v dolní poloze

a-d; g. – pro výtahy bez vyvažovacího lana

e, f, h. – pro výtahy s vyvažovacím lanem



Obrázek 1.2 – Schémata lanových systémů pro výtahový stroj [2]

i_k – lanový převod

2 VOLBA POHONU KLECE

2.1 Zhodnocení výtahových pohonů

Základem před samotnou tvorbou návrhu výtahu je zvolit si, jakým způsobem bude řešen způsob pohonu klece. Existují čtyři způsoby pohonu, a to pomocí převodového výtahového stroje, bezpřevodového výtahového stroje, bubnového výtahového stroje nebo pomocí hydraulického agregátu napájejícího píst zvedající klec. Každý z těchto způsobů pohonu má své výhody a nevýhody, avšak například u bubnového výtahového stroje jsou nevýhody v podobě vysoké spotřeby elektrické energie tak veliké, že se jeho použití hodí pouze ve velice výjimečných situacích, kdy je upřednostňována plocha podlahy kabiny nad spotřebou elektrické energie. Hydraulický výtah je v dnešní době nejvhodnější pro dopravu velice hmotných břemen, jako jsou vozidla. Pro takto hmotná břemena by jiný druh pohonu zabíral značný prostor výtahové šachty a byl velice nákladný na výstavbu. Při užití u malých výtahů je jejich nevýhodou malá rychlost zdvihu a větší spotřeba elektrické energie oproti převodovým výtahovým strojům, jež činí přibližně 40 %. Převodové výtahové stroje jsou cenově výhodné, avšak na úkor převodovky, vyšší hmotnosti a větších rozměrů. Také výkon vzhledem k příkonu je v porovnání s bezpřevodovými pohony o něco horší za což můžou ztráty v převodovce. Bepřevodové výtahové stroje jsou nákladnější na pořízení, ale zato kompaktnější a úspornější oproti převodovým strojům přibližně o 30%. Taktéž se vyrábějí s trakčními kladkami o průměru menším jak 320 mm. Porovnání jednotlivých typů pohonů je v **tab. 2.1**.

Tabulka 2.1 – Tabulka výtahových strojů

Název pohonu	Průměr kladky D (mm)	Převodový poměr i	Rychlost klece v (m·s ⁻¹)	Nosnost výtahu Q _{MAX} (kg)	Výkon P _{MAX} (kW)
Trakční převodové výtahové stroje					
Alberto Sassi Leo	320	2:1	0,8	400	4,9
Montanari Giulio M61	360	2:1	0,6	500	2,2
S30-TH	500	2:1	0,5	1200	6,5
Nuova MGT GM30	400	2:1	0,7	550	3,7
Trakční bezpřevodové výtahové stroje					
Alberto Sassi G-300 T0	240	2:1	0,8	450	1,6
Sicor SG 20	240	2:1	1,6	480	4
Kinetek WJ-450-100	330	2:1	1	450	3
Montanari MG 250	240	2:1	1	630	5
Bubnové výtahové stroje					
Alberto Sassi Toro Drum	400	1:1	0,63	400	11
Hydraulický agregát					
	400	1:1	0,92	400	15

2.2 Porovnání spotřeby převodového a bezpřevodového stroje

Jedná se pouze o zjednodušený ukázkový výpočet spotřeby elektrické energie, který však má dostatečnou vypovídací hodnotu o rozdílu spotřeby elektřiny.

Základní parametry potřebné pro výpočet se vztahují k navrhovanému výtahu.

Parametry: zdvih L: 11,06m
 počet stanic: 5
 nosnost Q: 400kg

2.2.1 Převodový výtahový stroj

Pro výpočet spotřeby elektrické energie byl zvolen výtahový stroj Alberto Sassi Leo z **tab. 2.1**, který je poměrně často nasazovaný u rekonstruovaných výtahů se strojovnou nad šachtou.

Potřebný výkon motoru:

$$P_p = \frac{P_{MAX}}{Q_{MAX}} \cdot Q = \frac{4,9}{390} \cdot 400 = 5,03 kW \quad (2.1)$$

Příkon elektromotoru při účinnosti $\eta=0,87$:

$$P_{PR} = \frac{P_p}{\eta} = \frac{5,03}{0,87} = 5,78 kW \quad (2.2)$$

Spotřebovaná energie při plném zdvihu

$$E_s = \frac{L}{v} \cdot P_{p\check{r}} = \frac{11,06}{0,8} \cdot 5,78 = 79,91 kWs / 3600 = 0,02219 kWh \quad (2.3)$$

Spotřeba za rok při počtu jízd 22000

$$E_{ROK,P} = 22000 \cdot E_s = 22000 \cdot 0,02219 = 488,18 kWh \quad (2.4)$$

2.2.2 Bezpřevodový výtahový stroj

Pro výpočet spotřeby elektrické energie byl zvolen výtahový stroj Sicor SG 20 z **tab. 2.1**, který představuje kvalitní a kompaktní stroj vhodný jak pro výtahy bez strojovny tak i pro výtahy se strojovnou.

Potřebný výkon motoru:

$$P_p = \frac{P_{MAX}}{Q_{MAX}} \cdot Q = \frac{4}{480} \cdot 400 = 3,33 kW \quad (2.5)$$

Příkon elektromotoru při účinnosti $\eta=0,92$:

$$P_{p\check{r}} = \frac{P_p}{\eta} = \frac{3,33}{0,92} = 3,62 kW \quad (2.6)$$

Spotřebovaná energie při plném zdvihu

$$E = \frac{L}{v} \cdot P_{p\check{r}} = \frac{11,06}{1} \cdot 3,62 = 40,037 kWs / 3600 = 0,01112 kWh \quad (2.7)$$

Spotřeba za rok při počtu jízd 22000

$$E_{ROK,B} = 22000 \cdot E = 22000 \cdot 0,01112 = 246,4 kWh \quad (2.8)$$

2.2.3 Srovnání spotřebované elektrické energie

Roční spotřeba převodový stroj

$$E_{ROK,P} = 488,18 kWh \quad \text{z (2.4)}$$

Roční spotřeba bezpřevodový stroj

$$E_{ROK,B} = 246,4 kWh \quad \text{z (2.8)}$$

Úspora energie bezpřevodového stroje

$$\frac{E_{ROK,P}}{E_{ROK,B}} = \frac{488,18}{246,4} = 1,98 \quad (2.9)$$

Z výsledku vyplývá, že teoretická úspora energie bezpřevodového stroje je oproti převodovému téměř dvojnásobná a tudíž je vhodné použít bezpřevodový stroj k pohonu klece.

2.3 Parametry použitého výtahové stroje

Jedná se o bezpřevodový výtahový stroj SG20180A, **obr. 2.1**, firmy Sicor k jehož správnému výběru byl použit jimi vyvinutý software. Tento software vlastní firma Výtahy Vsetín s.r.o., která byla ochotna po dodání potřebných parametrů (hmotnost klece, nosnost, hmotnost protiváhy, způsobu lanování, průměru trakční kladky, úhlu opásání trakční kladky a zdvihu) dodat specifikaci vhodného stroje i se všemi potřebnými bezpečnostními výpočty potřebnými k jeho uvedení do provozu. Tento dokument je k nahlédnutí v Příloze B. V **tab. 2.2** jsou shrnuty nejpodstatnější údaje zvoleného výtahového stroje.



Obrázek 2.1 – Bepřevodový stroj Sicor [8]

Tabulka 2.2 – Základní specifikace zvoleného stroje

Výrobce stroje	Sicor
Model stroje	SG20180A
Typ stroje	Bezpřevodový
Jmenovitý výkon stroje	2,91 kW
Průměr trakční kladky D	240 mm
Rychlost klece	$1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Lanování	2:1
Počet lan	4
Průměr lan d	8 mm
Typ lana	DRAKO 250T

V **tab. 2.2** je vidět použité lano průměru 8 mm na kladce o průměru 240 mm, což dle normy EN 81.1 + A3, která umožňuje minimální poměr trakční kladky a lana $D/d=40$, není možné. Avšak v dnešní době se vyrábějí lana, která je možno použít až do poměru $D/d=25$. K předávacímu protokolu musí být ovšem dodán i certifikát opravňující k použití lana s takovými parametry ve výtahové technice, Příloha A.

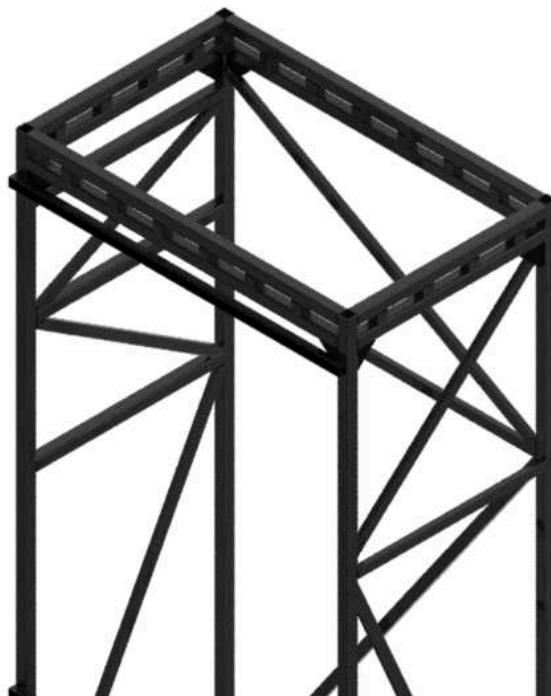
3 NÁVRH ŠACHTY, UMÍSTĚNÍ KLECE, PROTIVÁHY A OMEZOVAČE RYCHLOSTI

3.1 Konstrukce šachty

Při konstrukci šachty výtahu lze jít několika směry, z nichž nejspolehlivější se jeví stavba zděné šachty nebo z ocelových profilů pro řešený výtah umístěný ve vnitřních prostorech budovy.

Zděná šachta je vhodná pro použití v prostorech s dostatečným místem z důvodu větší tloušťky stěny, která však lépe izoluje hluk od provozu výtahu a v případě umístění šachty ve venkovních prostorech, také lépe izoluje od vnějšího vlivu prostředí. Nevýhodou zděné šachty je její zdlouhavá stavba a nutnost dodržovat technologické přestávky pro správné vytvrzení malty. Taktéž nahození omítky minimálně z vnější strany prodlužuje dobu stavby a způsobuje zvýšení vlhkosti stavby, která má nepříznivé účinky na kovové a elektrické součásti výtahu. Pro stavbu zděné výtahové šachty je navíc potřeba specializovaná stavební firma.

Šachta z uzavřených ocelových profilů je koncipována, jako příhradová konstrukce, **obr. 3.1**, zajišťující značnou tuhost při co nejmenších rozměrech stěn. Její stavba v porovnání se zděnou je rychlejší díky svařování jednotlivých profilů k sobě. Kromě statické kontroly šachty je nutno provést i modální analýzu pro případ, že by došlo k interferenci frekvence pohonu klece a příhradové konstrukce šachty, která by zbytečně zvyšovala hlukovou zátěž obyvatel bytových jednotek a namáhala celou konstrukci vibracemi. K opláštění konstrukce jsou použity sádrovláknité desky Fermacell přichycené na CD profily, které jsou přivařeny ke konstrukci. Veškeré nerovnosti a spáry jsou následně překryty sádrovou stěrkou a vybroušeny. Finálním krokem je natření takto vytvořených stěn bílou latexovou barvou, na kterou si může zákazník následně nanést barvu, jakou uzná



Obrázek 3.1 – Příhradová konstrukce šachty

za vhodnou. Výhodou takovéto šachty je, že ji celou může postavit výtahová firma, bez toho aniž by se musela najímat jako subdodavatel např. stavební firma.

Při porovnání ceny materiálu, **tab. 3.1**, pro výstavbu zděné šachty a šachty z ocelových profilů, jasně vyplývá, že výstavba ocelové šachty je cenově výhodnější. Cenový rozdíl se projeví ještě více při započítání potřebného pracovního času a pracovníků nutných k vlastní výstavbě. Proto je v této práci zvolen typ šachty z uzavřených ocelových profilů.

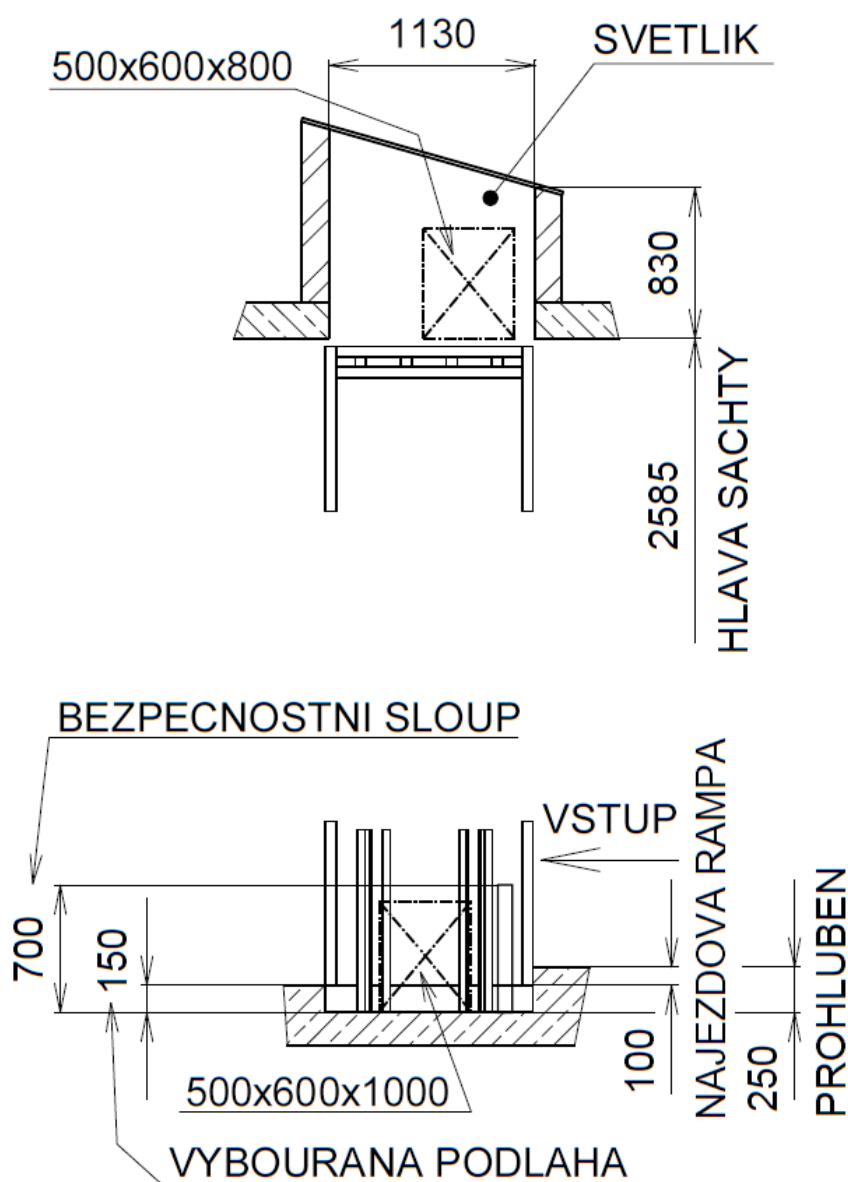
Tabulka 3.1 – Ceny materiálů zděná šachta a šachta z uzavřených ocelových profilů

Materiál	Rozměr	Množství	Cena	Zdroj
Zděná šachta				
Cihla AKU 11,5	375/115/238	870ks	1ks=40,9Kč	www.heluz.cz
Heluz základací malta	25kg	25ks	1ks=153Kč	
Rimano GLET XL (sádrová omítka)	25kg	12ks	1ks=410Kč	www.rigips.cz
Latexová barva bílá	1kg	10kg	1kg=51Kč	www.eshop-barvy.cz
Celkem cena			44838Kč	
Šachta z uzavřených ocelových profilů				
Čtvercový profil	60x5	78m	1m=183,6Kč	www.ferona.cz
Obdélníkový profil	50x30x2	66m	1m=49,6Kč	
Obdélníkový profil	50x40x2	18m	1m=56,58Kč	
Sádrovláknitá deska Fermacell	2000x1250x12,5	36ks	1ks=465Kč	Stavebniny.baushop.cz
CD profil	60/3m	59ks	1ks=42Kč	
Spojovací kus CD profilů		30ks	1ks=2,12Kč	
Plošná sádrová stěrka Fermacell	5kg	6ks	1ks=206Kč	
Fermacell šroub 250ks/bal	3,9x19mm	8ks	1ks=166Kč	
Samolepící mřížka	20m	4ks	1ks=15Kč	
Plastová lišta rohová	20x20x2750	20ks	1ks=95Kč	www.polirdecin.cz
Latexová barva bílá	1kg	10kg	1kg=51Kč	www.eshop-barvy.cz
Celkem cena			42929Kč	
Ceny jsou aktuální k datu 2.5.2014				

3.2 Hlava šachty a prohlubeň

Tradiční výška hlavy šachty je 3 až 3,5 m a hloubka prohlubně se pohybuje kolem hodnoty 1 metr. V řešeném případě je výška hlavy šachty 2585 mm plus 830 mm světlík umístěný nad částí šachty, **obr. 3.2**. Prohlubeň je projektována dodatečně, jelikož budova nebyla koncipována pro budoucí umístění výtahu. V prostoru šachty bude vybourána podlaha do hloubky 150 mm a vytvořena nájezdová rampa v prostoru vstupu do kabiny do výšky 100 mm nad podlahu, **obr. 3.2**. V takovémto případě není splněna podmínka minimálního bezpečného prostoru pod kabinou při situaci dosednutí kabiny výtahu na nárazník. Velikost tohoto prostoru má být kvádr o rozměrech 500x600x1000 mm. Proto po

uvedení výtahu do režimu revizní jízdy musí být zapnut snímač umístěný ve spodní stanici do takové výšky, aby došlo k vyřazení výtahu z provozu před dosažením minimálního dovoleného prostoru pod kabinou, a zároveň musí být vysunut bezpečnostní sloup bránící výtahu v dojezdu do spodní stanice v případě selhání snímače. Tento sloup musí být přístupný z prostoru vstupu do šachty. V prostoru nad kabinou v horní stanici je zaručen minimální požadovaný prostor díky přítomnosti světlíku, do kterého lze umístit pomyslný bezpečnostní kvádř o rozměrech 500x600x800 mm.



Obrázek 3.2 – Situace hlava šachty a prohlubeň

3.2.1 Řešení bezpečnostního prostoru nad klecí výtahu dle EN 81-21

Hlavním požadavkem této normy v případě zmenšených vzdáleností v horní části šachty je splnění dvou základních požadavků a to:

1. elektrické zastavení klece
2. mechanické zastavení klece

Bezpečnostní prostor v horní části šachty u výtahu je tedy zajištěn:

A. pohyblivými narážkami

U trakčního lanového výtahu jsou namontovány pod vyvažovacím závažím k mechanickému zastavení závaží a tím i klece výtahu. Jsou ovládány ručně a opatřeny pryžovým nárazníkem. Jejich zasunutá a vysunutá poloha je kontrolována pomocí dvou koncových snímačů dle 14.1.2 z EN 81-1:1998.

Pohyblivé narážky jsou nastaveny do takové výšky ode dna prohlubně, aby při plně stlačených pryžových náraznících byly splněny tyto podmínky:

- Svislá vzdálenost mezi nejvyšší úrovní střechy klece a nejnižší částí stropu šachty byla nejméně dle vzorce (3.1) 1235 mm.

$$\begin{aligned}s &= 1,2 + 0,035 \times v^2 = 1,2 + 0,035 \times 1^2 \\ s &= 1,235m = 1235mm\end{aligned}\tag{3.1}$$

- Vzdálenost mezi nejvyšší částí vodících čelistí, a také horní částí pohonu dveří, byla při měření k nejnižší části stropu dle vzorce (3.2) 135 mm.

$$\begin{aligned}w &= 0,1 + 0,035 \times v^2 = 0,1 + 0,035 \times 1^2 \\ w &= 0,135m = 135mm\end{aligned}\tag{3.2}$$

- V případě nutnosti použít zábradlí byla jeho vzdálenost od stropu dle vzorce (3.3) minimálně 335 mm.

$$\begin{aligned}z &= 0,3 + 0,035 \times v^2 = 0,3 + 0,035 \times 1^2 \\ z &= 0,335m = 335mm\end{aligned}\tag{3.3}$$

B. předem nastaveným zastavovacím systémem

Předem nastavený zastavovací systém obsahuje vybavovací zařízení (obousměrný omezovač rychlosti s cívkou pro vybavení OR) s prostředky pro vybavení zastavovacího zařízení pákovým propojením (lanko omezovače rychlosti propojené pomocí pákového mechanismu se zachycovači na rámu klece), když klec dosáhne dané vybavovací pozice v hlavě šachty dle vzorce (3.1) 1235 mm. K vybavení vybavovacího zařízení dojde

elektricky přerušením napájení cívky omezovače rychlosti. Vybavovací zařízení je umístěno v prostoru hlavy šachty tak, aby bylo v případě potřeby přístupné.

Systém omezovače rychlosti a vybavovacího zařízení splňuje požadavky EN 81-1+A3 na zajištění klece proti samovolnému sjezdu mimo úroveň stanice a EN 81-21 dle kap. 5.5.2.2.2 zabývajících se podmínkami provozu předem nastaveného zastavovacího systému.

Elektrický bezpečnostní systém

Elektrické bezpečnostní zařízení podle 14.1.2 z EN 81-1 musí:

- aktivovat bezpečnostní systém, aby se zastavil normální provoz při vstupu pracovníka na střechu klece
- být uvedeno v činnost, když jsou otevřeny klíčem dveře pro přístup na střechu klece
- mít spínač se dvěma stabilními polohami
- se znovu uvést do provozu s uvedením bezpečnostního systému do provozu

Znovuvedení výtahu do běžného provozu smí být provedeno pouze činností elektrického zařízení pro znovu uvedení do provozu.

Znovuvedení do provozu musí být proveditelné pouze když:

- výtah není ve stavu revizní jízdy
- zastavovací zařízení v prohlubni a na střeše klece dle kap. 14.2.2.1 EN 81-1 není v poloze stop
- všechny dveře pro přístup do prohlubně jsou zavřeny a zajištěny
- zařízení pro zajištění bezpečnostních prostor jsou v neaktivní poloze (pohyblivé nárazky, předem nastavený zastavovací systém)

Výpadek proudu nebo jiná elektrická porucha nesmí bezpečnostní systém znovu uvést do provozu samočinně.

Kleci smí být umožněn pohyb směrem nahoru při revizní jízdě pouze pokud je aktivována nárazka pod protiváhou. A po dojezdu klece nahoru na vypínač před nárazem na pružící díly pohyblivých nárázek nebo před tím, než předem nastavené vybavovací zařízení vybaví zastavovací zařízení, musí být přerušena jízda klece a umožněna jízda pouze dolů.

Elektrické zařízení pro uvedení do provozu musí být uzamykatelné, umístěné mimo šachtu, přístupné pouze oprávněným osobám a kontrolováno elektrickým bezpečnostním zařízením dle požadavků EN 81-21.

Nedostatečné bezpečnostní prostory nad klecí jsou vyřešeny v plném souladu s požadavky normy EN 81-21 pro zajištění potřebných bezpečnostních prostor.

3.2.1 Řešení bezpečnostního prostoru pod klecí výtahu dle EN 81-21

Hlavním požadavkem této normy v případě zmenšených vzdáleností v prohlubni šachty je splnění dvou základních požadavků a to:

1. elektrické zastavení klece
2. mechanické zastavení klece

Bezpečnostní prostor v prohlubni šachty u výtahu je tedy zajištěn:

A. pohyblivými nárazkami

U trakčního lanového výtahu jsou namontovány pod klecí k mechanickému zastavení klece. Jsou ovládány ručně a opatřeny pryžovým nárazníkem. Jejich zasunutá a vysunutá poloha je kontrolována pomocí dvou koncových snímačů dle 14.1.2 z EN 81-1:1998.

Pohyblivé nárazky jsou nastaveny do takové výšky ode dna prohlubně, aby při plně stlačených pryžových náraznících byly splněny tyto podmínky:

- Musí zůstat dostatečný prostor pro kvádr o minimálních rozměrech 0,5x0,6x1 metrů spočívající na jedné straně.
- Volná svislá vzdálenost mezi podlahou prohlubně a nejnižší částí klece musí být minimálně 0,6 metru. Tato vzdálenost se může zmenšit na minimálně 0,1 metru při vodorovné vzdálenosti 0,15 metru:
 1. Svěracím zařízením, dosedacím zařízením, ochrannou prahovou deskou nebo částmi vodorovně posuvných dveří a sousedních stěn
 2. Nejnižšími částmi klece a vodítek klece
- Volná svislá vzdálenost mezi nejvyššími částmi upevněnými v prohlubni musí být nejméně 0,3 metry

Když klec spočívá na plně stlačených náraznících při normálním provozu, nesmí dojít k nárazu nejnižších částí klece na podlahu prohlubně.

B. předem nastaveným zastavovacím systémem

Předem nastavený zastavovací systém obsahuje vybavovací zařízení (obousměrný omezovač rychlosti s cívkou pro vybavení OR) s prostředky pro vybavení zastavovacího zařízení pákovým propojením (lanko omezovače rychlosti propojené pomocí pákového mechanismu se zachycovači na rámu klece), když klec dosáhne dané vybavovací pozice v prohlubni šachty. K vybavení vybavovacího zařízení dojde elektricky přerušením napájení cívky omezovače rychlosti. Vybavovací zařízení je umístěno v prostoru hlavy šachty tak, aby bylo v případě potřeby přístupné.

Systém omezovače rychlosti a vybavovacího zařízení splňuje požadavky EN 81-1+A3 na zajištění klece proti samovolnému sjezdu mimo úroveň stanice a EN 81-21 dle kap. 5.7.2.2.2 zabývajících se podmínkami provozu předem nastaveného zastavovacího systému.

Elektrický bezpečnostní systém

Elektrické bezpečnostní zařízení podle 14.1.2 z EN 81-1 musí:

- aktivovat bezpečnostní systém, který ruší normální provoz při vstupu pracovníka na střechu klece
- být uvedeno v činnost, když jsou dveře pro přístup do prohlubně otevřeny klíčem
- mít spínač se dvěma stabilními polohami
- být znovu uvedeno do činnosti s uvedením do činnosti bezpečnostního systému

Znovuvedení bezpečnostního systému do činnosti a návrat výtahu do normálního provozu musí být proveden pouze elektrickým zařízením pro znovu uvedení do provozu.

Znovuvedení do provozu musí být proveditelné pouze když:

- výtah není ve stavu revizní jízdy
- zastavovací zařízení v prohlubni a na střeše klece dle kap. 14.2.2.1 EN 81-1 není v poloze stop
- všechny dveře pro přístup do prohlubně jsou zavřeny a zajištěny
- zařízení pro zajištění bezpečnostních prostor jsou v neaktivní poloze (pohyblivé narážky, předem nastavený zastavovací systém)

Výpadek proudu nebo jiná elektrická porucha nesmí samočinně znovu uvést do provozu bezpečnostní systém.

Kleci smí být umožněný pohyb směrem dolů při revizní jízdě, pouze pokud je aktivována nárazka pod klecí. A po dojezdu klece dolů na vypínač před nárazem na pružící díly pohyblivých nárážek nebo před tím, než předem nastavené vybavovací zařízení vybaví zastavovací zařízení, musí být přerušena jízda klece a umožněna jízda pouze nahoru.

Elektrické zařízení pro uvedení do provozu musí být uzamykatelné, umístěné mimo šachtu, přístupné pouze oprávněným osobám a kontrolováno elektrickým bezpečnostním zařízením dle požadavků EN 81-21.

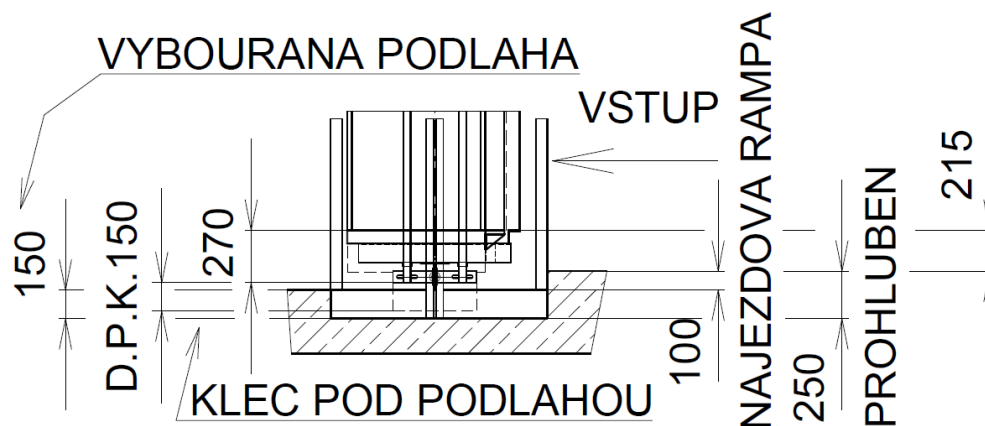
Bezpečný přístup do prohlubně

Požadavky kap. 5.7.3.2 z EN 81-1 na trvalé upevněné zařízení umožňující bezpečný přístup z šachetních dvěří do prohlubně není nutno splnit v případě, že hloubka prohlubně nepřesahuje 0,5 metrů (v řešeném případě je hloubka 0,25 metrů).

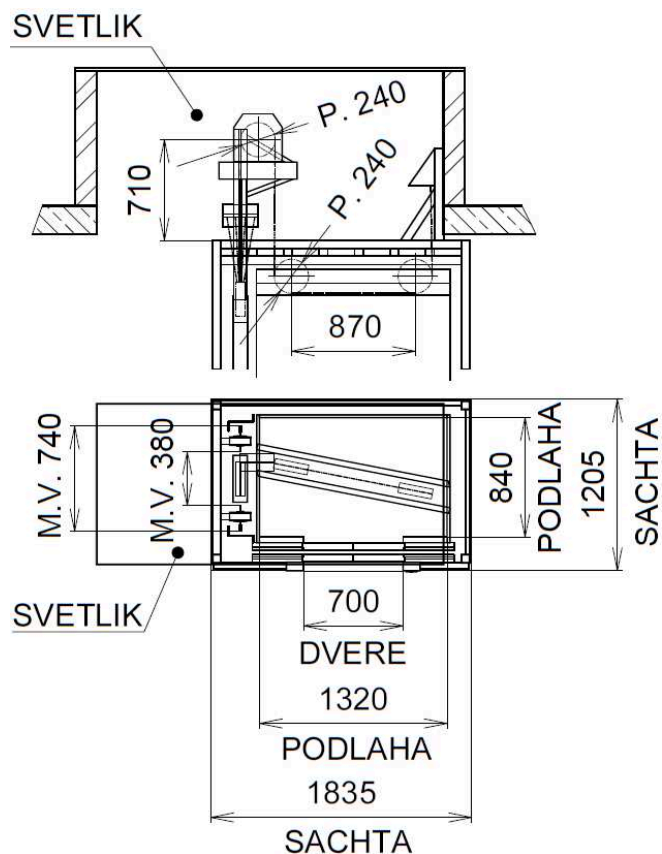
Nedostatečné bezpečnostní prostory v prohlubni jsou vyřešeny v plném souladu s požadavky normy EN 81-21 pro zajištění potřebných bezpečnostních prostor.

3.3 Umístění klece a protiváhy v šachtě

Umístění klece a protiváhy v řešeném prostoru standardním způsobem, **obr. 3.4**, není příliš vhodné pro nízkou hlavu šachty a malou prohlubeň. V prostoru nad kabinou se musí využít světlík pro umístění stroje, ten však nelze užít jako nosnou část pro uchycení převodového stroje a jeho odkláněcí kladky pro lanování 1:1, používaného u standardních výtahů. Problém nastává i v prohlubni kde pro změnu nemůže dojet klec do spodní stanice, při dodržení dostatečného prostoru pro dolní přejezd klece, pro příliš rozměrnou část rámu pod podlahou, **obr. 3.3**.

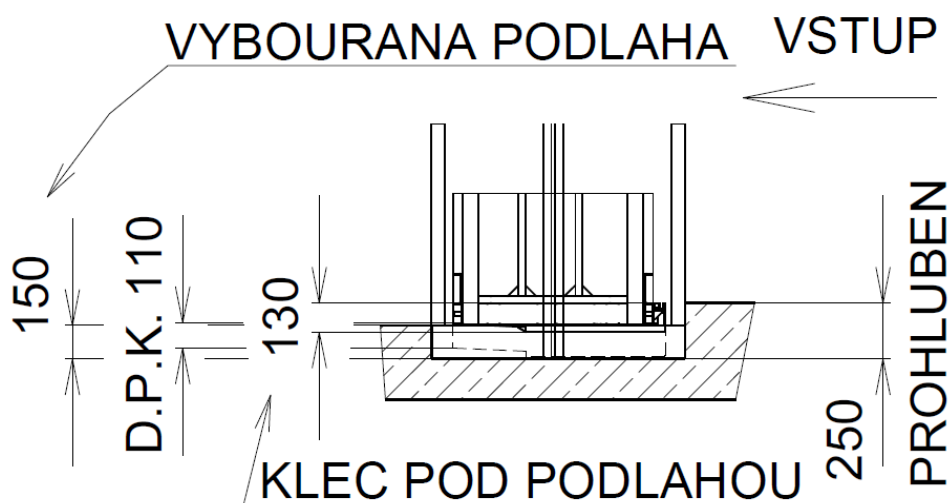


Obrázek 3.3 – Standardní klec ve spodní stanici



Obrázek 3.5 – Klec s bočním vedením

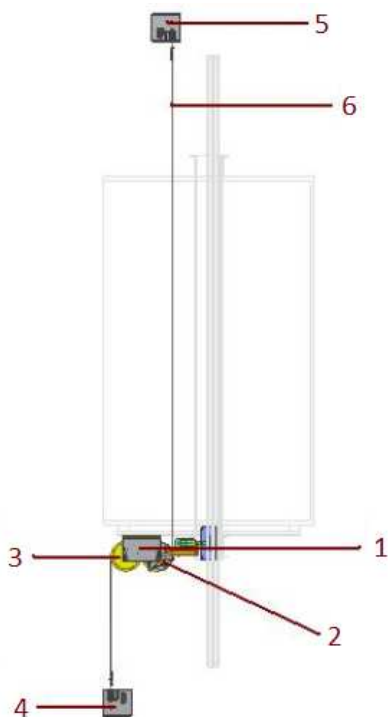
V případě umístění stroje na boku šachty je použito lanování 2:1 umožňující použití menšího stroje s menší spotřebou elektrické energie. I rozložení sil je mnohem lepší, vodička musí skrze stroj přenášet pouze poloviční síly od klece a protiváhy a závěsy lan, které v takovém případě musí být použity, nepředstavují problém díky malým silám, jež zachycují. V případě lan na straně protiváhy to je 3550 N a na straně klece 4550 N.



Obrázek 3.6 – Klec s bočním vedením ve spodní stanici

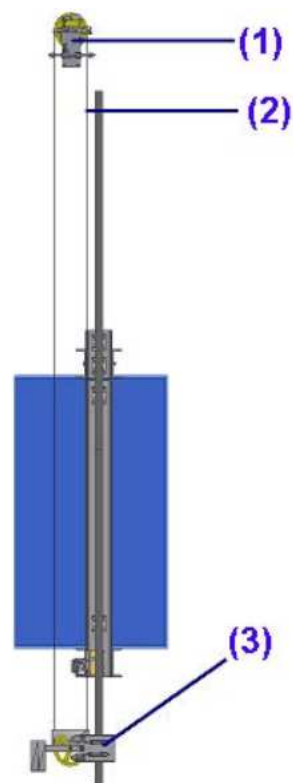
3.4 Umístění omezovače rychlosti v šachtě

Existují dva způsoby umístění omezovače (dále OR) rychlosti a to buď na pohybující se klec (**obr. 3.7**) či staticky v šachtě (**obr. 3.8**) případně strojovně pokud je k dispozici. Velice často používaným způsobem je umístění OR na kleci a to buď na stropě, nebo v prostoru pod podlahou. Zařízení takto zabírá značně prostor. Jeho velkou výhodou je nutnost instalace pouze jediného lanka od prohlubně po hlavu šachty s napínacím zařízením zabírající malý prostor. Tuto variantu však není možno použít pro řešený případ s malou prohlubní a hlavou šachty. Proto je použit způsob s omezovačem umístěným v horním prostoru šachty na konstrukci výtahového roštu držící výtahový stroj na místě. Jedná se o zařízení VEGA A3 (**obr. 3.9**) firmy DYNATECH splňující normu EN 81-1+A3 požadující zabránění ujetí klece stojící ve stanici. Nevýhodou takového způsobu ovládání zachycovače je nutnost použít nekonečné lano napnuté po celé výšce šachty s napínací kladkou ve vratné stanici, takže celé zařízení zabírá více místa a je složitější jej umístit do malých prostor. Zařízení je v řešené šachtě umístěno obráceně na roštu stroje v jeho spodní části (**obr. 3.10**) kde si s ním nezavazí a napínací kladkou vlastní konstrukce (zabírající méně místa jak dodávaná výrobcem) umístěné v prohlubni, **obr. 3.11**.



Obrázek 3.7 – OR na kleci [9]

1 – OR, 2 – hlavní kladka OR, 3 – vodící kladka,
4 – spodní napínání, 5 – vrchní napínání, 6 – lanko OR

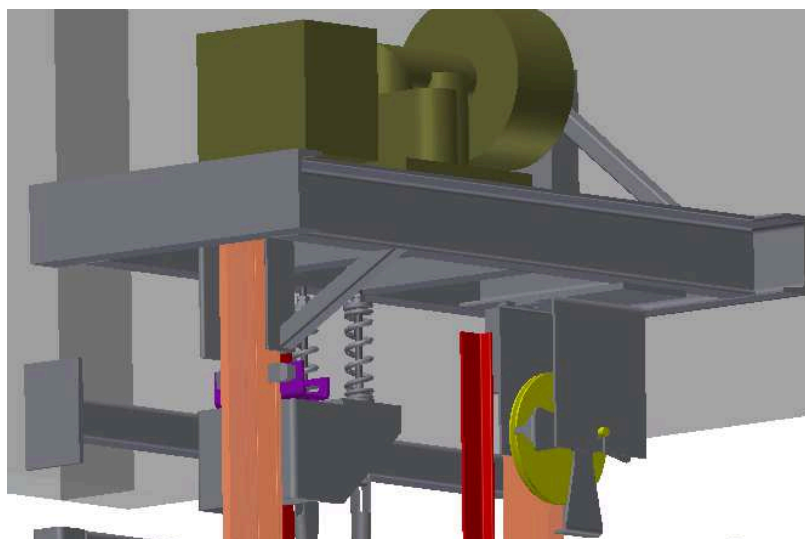


Obrázek 3.8 – OR v hlavě šachty [9]

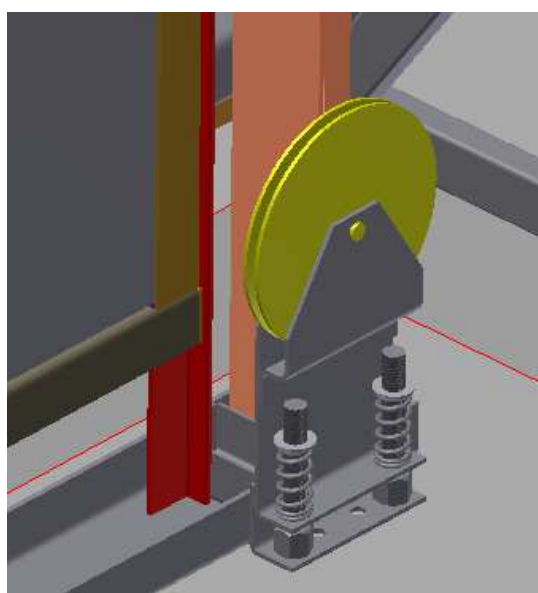
1 – OR, 2 – lanko OR,
3 – vratná a napínací stanice OR



Obrázek 3.9 – OR DYNATECH VEGA A3 [9]



Obrázek 3.10 – OR VEGA A3 umístěný na spodní straně rámu výtahového stroje

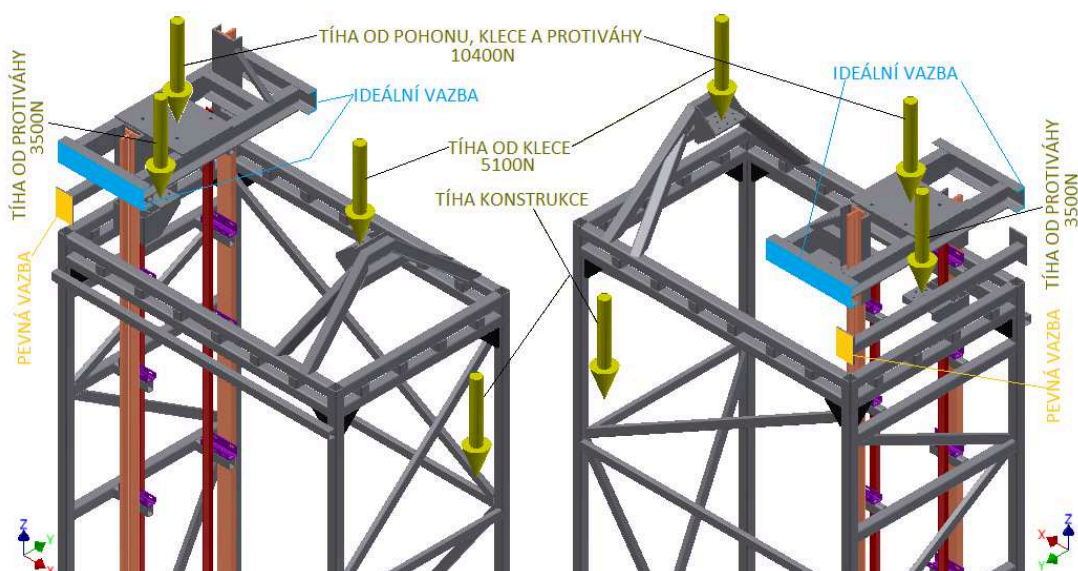


Obrázek 3.11 – Napínací vratná stanice OR v prohlubni

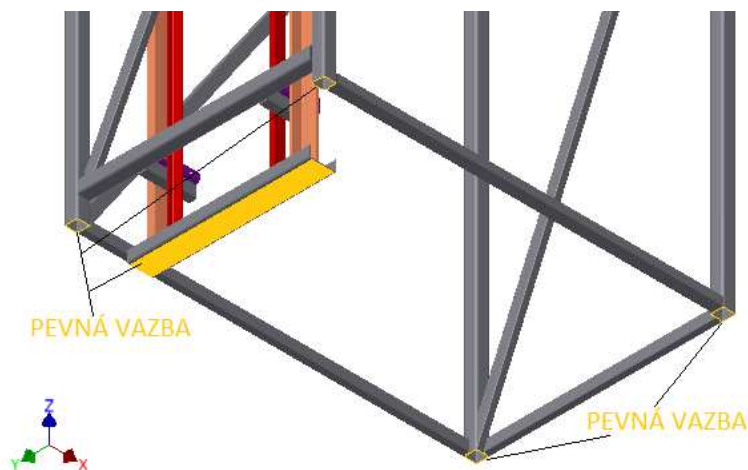
3.5 Ověření správnosti návrhu konstrukce šachty

3.5.1 Analýza napětí vzniklých v konstrukci šachty

Na konstrukci působí síly od vlastní hmotnosti konstrukce, pohonu klece, protiváhy, klece a nosnosti. Síly se rozkládají do tří míst, závěsu lan na straně klece, závěsu na straně protiváhy a do rámu pohonu klece. Do závěsu lan na straně klece se rozkládá polovina hmotnosti klece (260 kg), a polovina nosnosti klece zvětšená o 25 % (250 kg). Do závěsu lan na straně protiváhy se rozkládá jen polovina hmotnosti protiváhy (350 kg). Do rámu pohonu klece potom váha výtahového stroje (180 kg), polovina hmotnosti klece (260 kg), polovina hmotnosti protiváhy (350 kg) a polovina nosnosti klece zvětšená o 25 % (250 kg). Rám pohonu klece je brán jako prvek, který je přichycen k vodítkům klece přenášející veškerou váhu a stěny světlíku, kterých se dotýká, jsou brány pouze jako stabilizační prvek bránící v pohybu rámu v osách x a y , **obr. 3.12**.

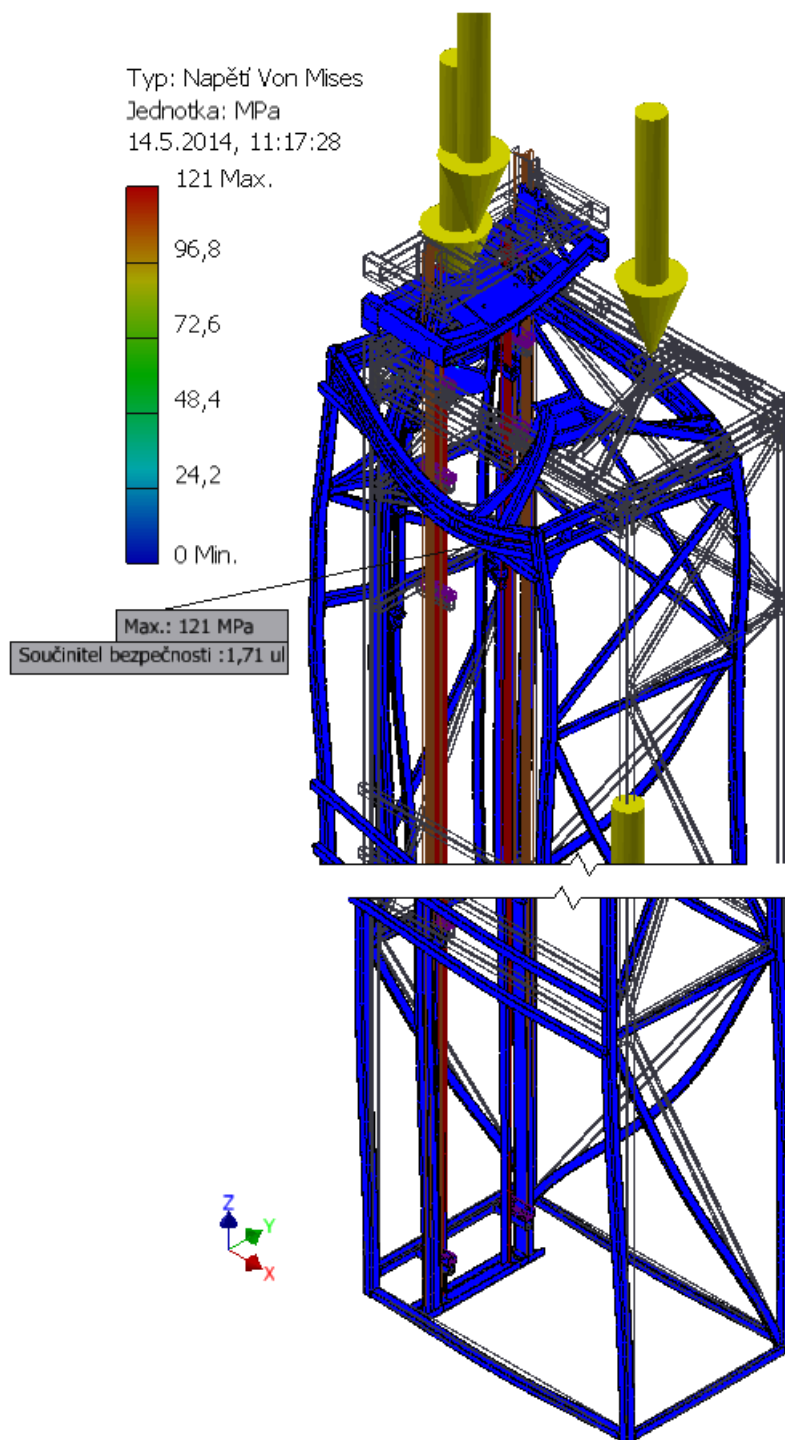


Obrázek 3.12 – Pohled ze dvou stran na síly a vazby použité pro simulaci ve vrchní části



Obrázek 3.13 – Pohled na vazby použité ve spodní části pro simulaci

Z výsledku simulace na **obr. 3.14** je vidět, že k žádnému velkému zatížení, které by nevratně doformovalo konstrukci šachty, nedochází. Nejvyšší vzniklé napětí má hodnotu 121 MPa a zdaleka nedosahuje meze kluzu materiálu konstrukce, který je S235JRH. Ve skutečnosti hodnoty budou ještě nižší, jelikož konstrukce bude přichycena pomocí konzol k podlaze každé stanice a schodům na protější straně, které celou konstrukci ještě ztuží.



Obrázek 3.14 – Vzniklá napětí v rámu šachty

3.5.2 Kontrola nosného profilu na ztrátu stability

Jedná se o kontrolu vertikálního nosného profilu tvořícího rohy konstrukce šachty přenášející část zatížení do podlahy v přízemí. Největší vzpěrná délka bez vyztužení je 2 m.

Vstupní hodnoty

Kvadratický moment průřezu čtvercového profilu 60x5

$$J = 505000 \text{ mm}^4$$

Vzpěrná délka

$$l_{RED} = 2l$$

Kritická vzpěrná síla

$$F_{KR} = \pi^2 \frac{EJ}{l_{RED}^2} \quad (3.4)$$

$$F_{KR} = \pi^2 \frac{2,1 \cdot 10^5 \times 505000}{(2 \times 2000)^2}$$

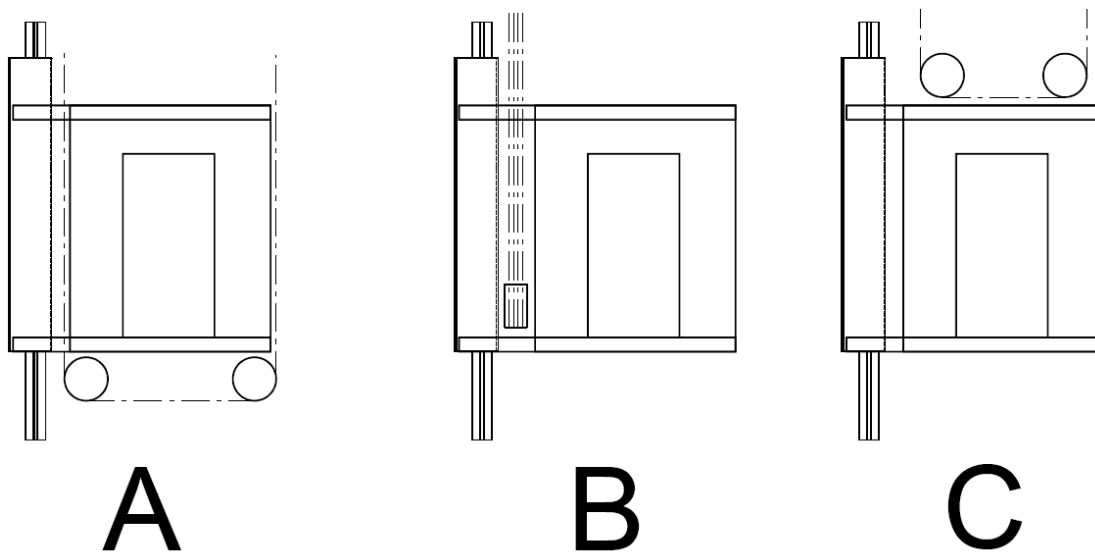
$$F_{KR} = 65417 \text{ N}$$

Podle výsledku kritické vzpěrné síly nedojde ke ztrátě stability profilu, jelikož maximální síla vyvíjená na konstrukci je 19150 N, která se navíc rozkládá do celého rámu.

4 NÁVRH KLECE

4.1 Zavěšení klece

Klec lze vzhledem ke zvolenému bočnímu vedení a lanování 2:1 zavěsit několika způsoby. Dvě kladky pod kabinou, jedna nebo dvě kladky, případně žádná, vedle kabiny a jedna nebo dvě kladky nad kabinou, **obr. 4.1**. Dvě kladky pod klecí není možno v řešeném případě použít, protože zvětšují velikost klece pod podlahou, která vyžaduje prohlubeň hlubší než použitých 250 mm. Jedna nebo dvě kladky vedle klece zase zvětšují šířku klece a podlaha musí být mohutnější, což opět zvyšuje nárok na hloubku prohlubně. Poslední možnost s jednou nebo dvěma kladkami nad kabinou zvyšuje sice nárok na výšku hlavy šachty, ale ta je v řešeném případě dostatečně prostorná. Podmínka co nejmenší velikosti klece pod podlahou je také splněna. Z těchto možností zavěšení klece je tedy nejvhodnější řešení pomocí závěsu nad kabinou, a proto je klec řešena tímto způsobem. Z možností jedné nebo dvou kladek je nejvhodnější použití dvou kladek pro zaručení stálého úhlu opásání trakční kladky 180° .



Obrázek 4.1 – Zavěšení klece

A – kladky pod kabinou, B – jedna nebo dvě kladky, případně žádná, vedle kabiny
C – jedna nebo dvě kladky nad kabinou

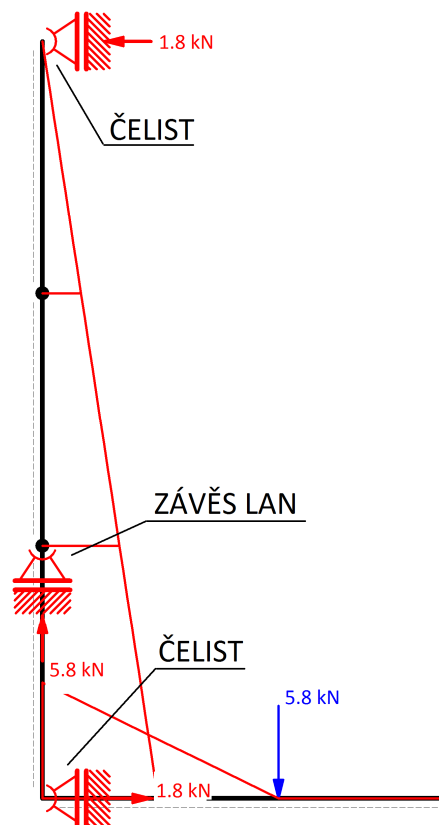
4.2 Současné klece s bočním vedením

Dnešní výrobci výtahových klecí nabízí rámy s bočním vedením typu ruksak, **obr. 4.2**, se samostatnou následně vloženou kabinou. Takovéto řešení zvyšuje nároky na nosnou spodní část rámu, což taktéž způsobuje zvětšení mohutnosti rámu pod podlahou vedoucím k nutnosti mít větší minimální hloubku podlahy. Věci nepřispívá ani samostatná kabina, která musí mít nezávisle na rámu dostatečně tuhou podlahu, aby nedocházelo k jejímu průhybu, vedoucí k dalšímu zvětšování nutné minimální hloubky prohlubně. Zavěšení klece mezi vodítky a kabinou způsobuje zvýšené namáhání vodítek na ohyb a čelisti vedení klece jsou taktéž více namáhány na otláčení jednostranně, **obr. 4.3**. Jízdní odpory jsou vyšší než u standardní klece.



Obrázek 4.2 – Rám ruksak [10]

Prohlubeň minimálně 300 mm



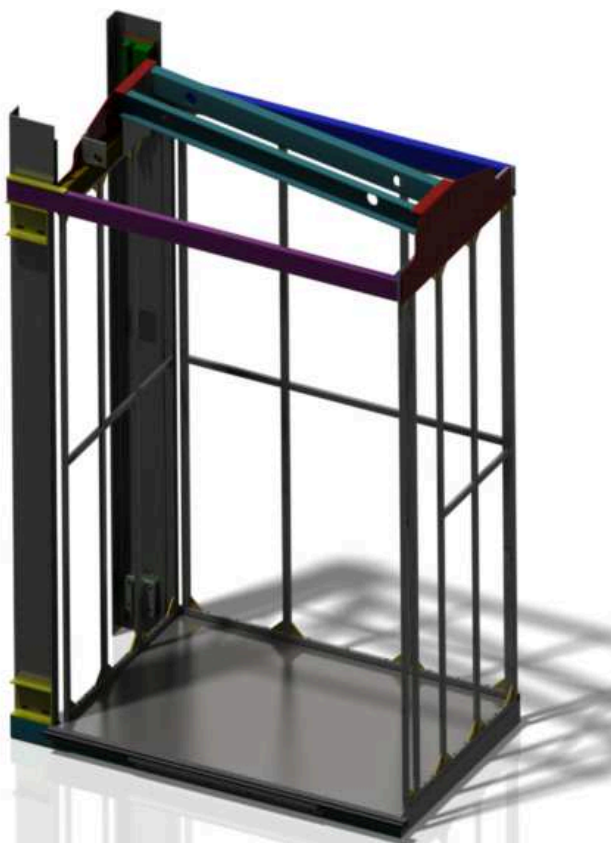
Obrázek 4.3 – Reakce v čelistech a závěsu rámu

4.3 Navržená klec s bočním vedením

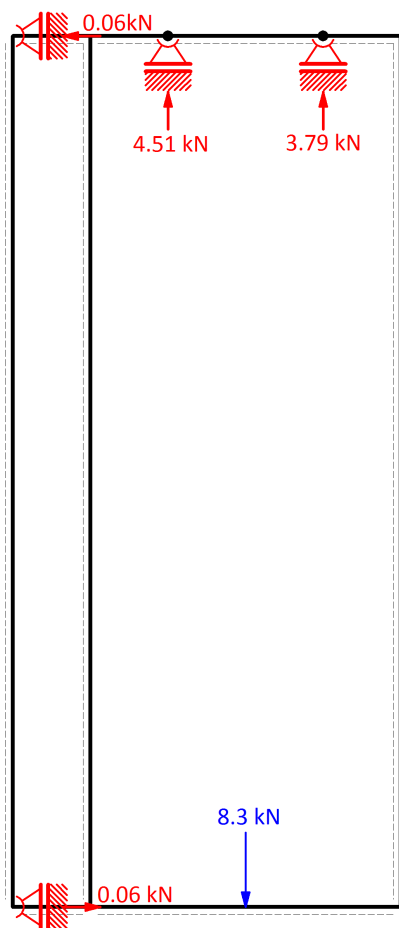
Jedná se o klec navrženou v podobě kabiny integrované do rámu, **obr. 4.4**. Hlavní část rámu je tvořena svislými Z-profilů s čelistmi a zachycovači na které navazují čtyři ramena: dva obdélníkové profily 90x40x3 a 90x30x3 mm ve vrchní části tvořící zároveň strop a dva obdélníkové profily 90x40x3 mm ve spodní části tvořící zároveň podlahu. Závěs klece tvoří dva ohýbané U-profilů vsazené do bočních nosných plechů přichycených k obdélníkovým profilům spojujících dvě vrchní ramena. Zatížení kabiny je přenášeno do závěsu převážně pomocí rámů stěn tvořených obdélníkovými profily 30x15x2 mm.

Výhody klece spočívají v potřebné hloubce prohlubně o hodnotě 250 mm, což je o 50 mm méně než u rámu typu ruksak. Další výhodou je malé namáhání vodítek na ohyb a čelistí vedení klece na otláčení, **obr. 4.5**, takže tyto prvky slouží během jízdy pouze jako vedení. Díky integraci kabiny do rámu tvoří klec velice tuhý celek přenášející dobře síly do vodítek v případě působení zachycovačů, což bude podrobněji rozebráno v další kapitole.

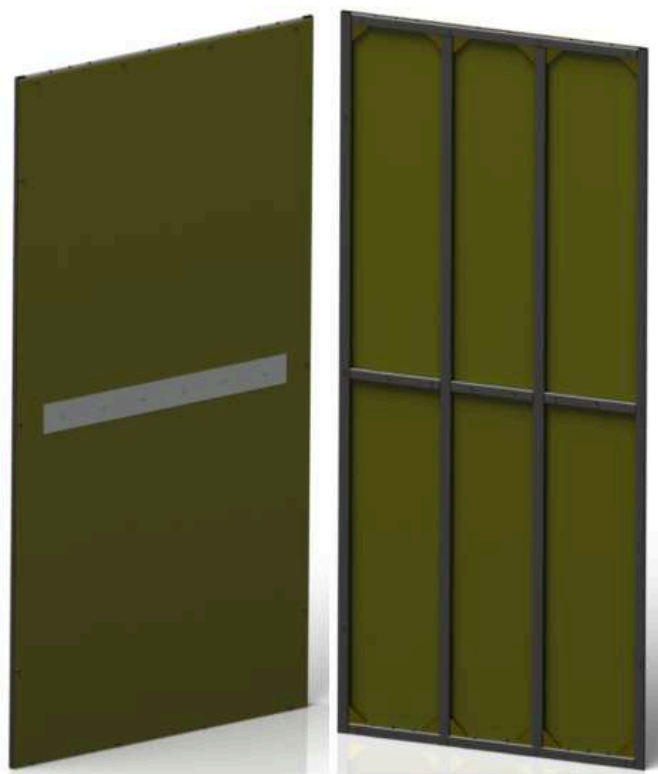
Stěny kabiny tloušťky 6 milimetrů jsou řešeny jako MDF desky s oboustranně nalepeným polyrey. Jejich uchycení je pomocí šroubů řešeno tak, aby šly po opotřebení snadno vyměnit za nové, **obr. 4.6**. Zároveň je brán důraz na design, takže



Obrázek 4.4 – Navržená klec s kabinou integrovanou do rámu

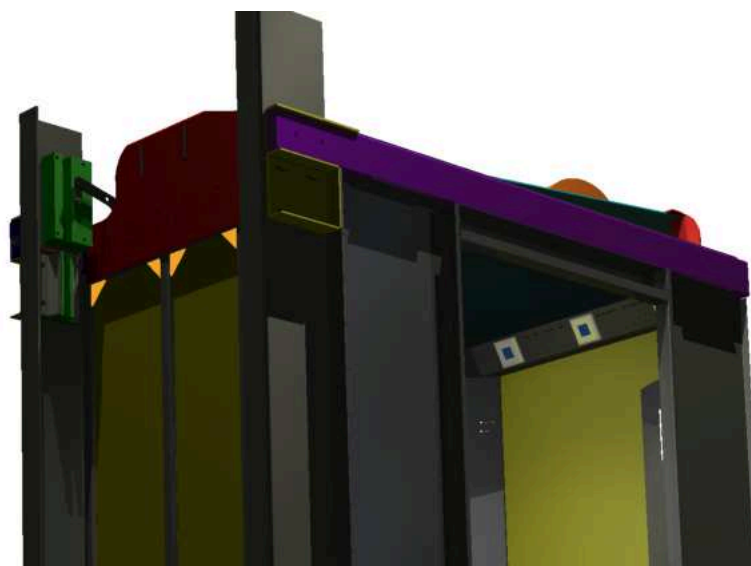


Obrázek 4.5 – Reakce v čelistech a závěsu klece



Obrázek 4.6 – MDF stěna s polyrey na rámu

jedinými viditelnými šrouby jsou leštěné šrouby s půlkulatou hlavou držící nerezový pás plechu uprostřed stěny, přes který zároveň dotahují stěnu k jejímu rámu a šrouby držící ovládací panel umístěný po pravé straně při vstupu do kabiny. Ostatní šrouby po obvodu jsou skryty pomocí rohů, okopů u podlahy viditelných na **obr. 4.8** a pohledu klece



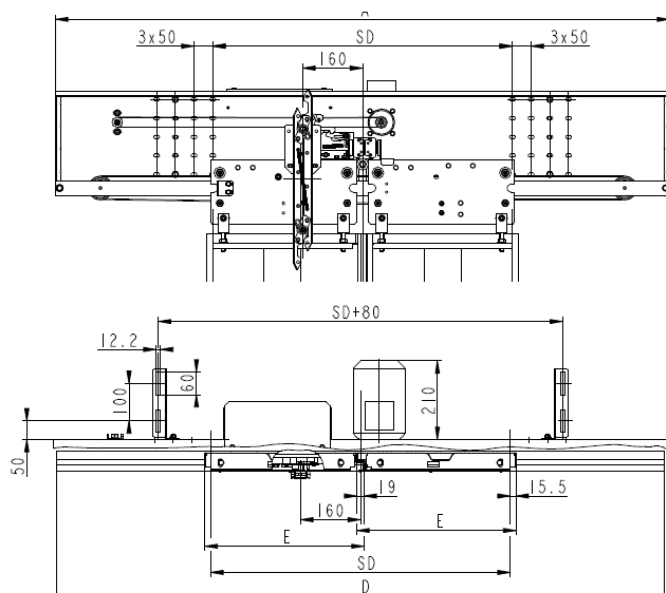
Obrázek 4.7 – Pohled do kabiny na podhled stropu se světly



Obrázek 4.8 – Finální podoba klece výtahu i s interiérem

navrženého po obvodu stropu, který zároveň slouží jako nosič světelných těl na bočních stěnách, **obr. 4.7**. Rohy a podhled obsahují otvory v podobě malých drážek sloužících k větrání kabiny. Samotné otvory v těchto dílech by byly bezúčelné bez otvorů ve vaně stropu umístěných v mezeře mezi bočními stěnami a obrubou vany. Větrací otvory za rohy v zadní části kabiny jsou tvořeny mezerou mezi zadní stěnou a bočními stěnami. U předních rohů je větrání řešeno otvory vypálenými do ohýbaných panelů tvořících čelní stěnu. Takto řešené větrání splňuje podmínky normy EN 81-1+A3 požadující větrací otvory v horní a dolní části kabiny s plochou odpovídající 1% její užité plochy. Zároveň je dodržena podmínka neprůchodnosti rovné tyčky o průměru 10 mm těmito otvory.

Poslední zmínkou k navržené konstrukci klece je její strop, **obr. 4.8**, který je koncipován tak, aby byl dostatek místa v přední části pro umístění operátoru automatických centrálních dvoukřídlých dveří VDCK-2K firmy STROJON, **obr. 4.9**.

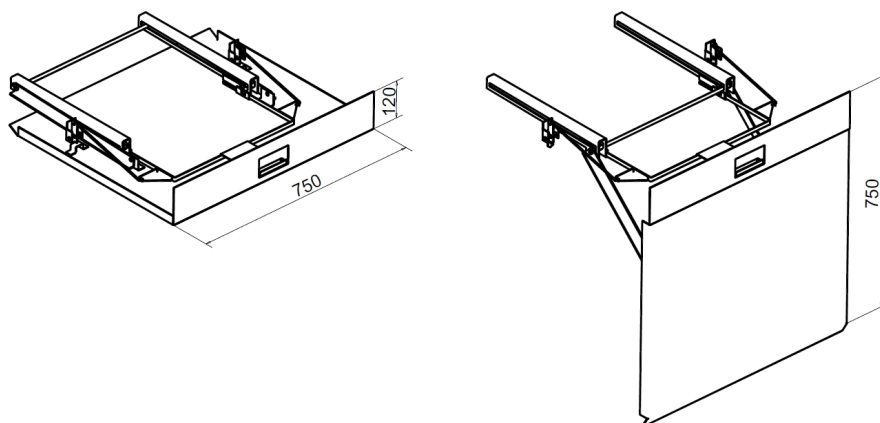


Obrázek 4.9 – Výťahové dveře VDCK-2K firmy STROJON [11]

4.4 Ochranná prahová deska

V dnešní době musí být každý výtah opatřen prahovou deskou umístěnou pod prahem klece vstupních dveří. Prah má mít rozměry do šířky o 25 mm na každé straně víc než je šířka vstupních dveří a na výšku 750 mm od podlahy klece s prodloužením ve spodní části v podobě skosení s úhlem 60° vzhledem k vodorovné rovině. Průmět tohoto skosení do vodorovné roviny nesmí být menší než 20 mm.

Požadavek je splněn, kvůli malé hloubce prohlubně, v podobě sklopné prahové desky umístěné pod podlahou, **obr. 4.10**, zajištěné pomocí trojhranu proti spuštění dolů a zabírající na výšku ve sklopené poloze pouze 30 mm. Prahová deska musí být v případě nouzového vyprošťování osob spuštěna dolů. Jejím spuštěním dojde k zprovoznění okruhu bránícímu dojezdu do spodní stanice, kde by došlo k její deformaci v malé prohlubni.



Obrázek 4.10 – Sklopná prahová deska

obrázek vlevo – sklopená prahová deska, obrázek vpravo – spuštěná prahová deska

4.4.1 Řešení ochranné prahové desky dle EN 81-21

Ochranná prahová deska musí splňovat podmínky podle EN 81-21 pokud nemůže být instalována trvale ve svislé poloze podle kap. 8.4.1 a 8.4.2 EN 81-1, které se nahrazují takto:

A. Všeobecně

Každý práh klece musí být vybaven rozkládací ochrannou prahovou deskou, která musí splňovat následující:

1. Pevná i pohyblivá část musí zakrývat celou šířku vstupu.
2. Svislá část nejnižší pohyblivé části musí být provedena dolů pod úhlem, který není větší než 60° k vodorovné rovině. Průmět tohoto skosení do vodorovné roviny musí být větší než 20 milimetrů.
3. Rozložená ochranná prahová deska musí mít takovou mechanickou pevnost, aby odolala působení síly 300 N rovnoměrně působící kolmo na ochrannou prahovou desku z vnějšku šachty na kterékoliv místo ochranné prahové desky na kruhovou nebo čtvercovou plochu 5 cm^2 a musí zůstat:
 - bez trvalé deformace
 - bez vodorovné deformace větší než 35 mm
4. Výška pevné svislé části musí být nejméně rovná výšce odjišťovacího pásma nad úrovní prahu nástupiště.
5. Výška svislé části rozložené ochranné prahové desky musí být nejméně 0,75 m.
6. Na pevné části ochranné prahové desky musí být upevněno upozornění zřetelně viditelné z nástupiště: „Ochranná prahová deska musí být zcela rozložena před zásahem osob provádějících vyprošťování“ spolu s příslušným piktogramem.

B. Zvláštní požadavky

Požadavky pro ochrannou prahovou desku složenou při normálním provozu, která se v případě potřeby rozkládá ručně a musí splňovat tyto podmínky:

1. Jestliže ochranná prahová deska není ve složené poloze, výtah musí být vyřazen z normálního provozu elektrickým bezpečnostním zařízením podle kap. 14.1.2 z EN 81-1.
2. Klecové dveře musí být vybaveny zajišťovacím zařízením podle kap. 8.9.3 z EN 81-1.

3. Ze stanice pro vyprošťování musí být dosažitelné mechanické zařízení pro odjištění klecových dveří
4. Ochranná prahová deska se musí dát odjistit klíčem pro nouzové odjištění (EN 81-1 příloha B).
5. Složení ochranné prahové desky klece do složené polohy se musí provádět vhodnými prostředky pouze ručně z dolní krajní stanice, z podlahy prohlubně nebo ze střechy klece.
6. Směrový spínač (kap. 14.1.2. z EN 81-1) musí zabránit revizní jízdě a nouzovému provozu směrem dolů v pásmu, ve kterém by ochranná prahová deska klece, jestliže není složena, mohla narazit na podlahu prohlubně.

Sklopná ochranná prahová deska je řešena v plném souladu s požadavky normy EN 81-21 pro rozkládací ochrannou prahovou desku.

4.5 Ověření správnosti návrhu klece

4.5.1 Výpočet nosnosti klece

Nosnost klece se určuje na základě užité plochy podlahy kabiny. Do této hodnoty je zahrnuta plocha pro cestující či náklad a vstupní prostor do kabiny. Hodnota plochy vzešlá z výpočtu se porovná s **tab. 4.1**, v níž jsou uvedeny vztahy mezi nosností a největší užitnou plochou kabiny. Pokud se neshodují s žádnou hodnotou užité plochy, určí se nosnost z lineární interpolace hodnot nejbližších vyšších a nižších užité plochy.

Tabulka 4.1 – Vztah mezi nosností a největší užitnou plochou [5]

Nosnost kg	Největší užitná plocha klece m ²	Nosnost kg	Největší užitná plocha klece m ²
100 ¹⁾	0,37	900	2,2
180 ²⁾	0,58	975	2,35
225	0,7	1000	2,4
300	0,9	1050	2,5
375	1,1	1125	2,65
400	1,17	1200	2,8
450	1,3	1250	2,9
525	1,45	1275	2,95
600	1,6	1350	3,1
630	1,66	1425	3,25
675	1,75	1500	3,4
750	1,9	1600	3,56
800	2	2000	4,2
825	2,05	2500	5
1) minimálně pro výtah pro jednu osobu 2) minimálně pro výtah pro dvě osoby			

Plocha kabiny:

Hlavní prostor

$$\begin{aligned} S_1 &= B \times L = 1318 \times 839 \\ S_1 &= 1,1058 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 = 1,1058 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Prostor vstupu do kabiny

$$\begin{aligned} S_2 &= D \times G = 700 \times 40 \\ S_2 &= 28 \cdot 10^3 \text{ mm}^2 = 0,028 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (4.2)$$

Celková plocha kabiny

$$\begin{aligned} S_K &= S_1 + S_2 = 1,1058 + 0,028 \\ S_K &= 1,1338 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Výsledná plocha podlahy není totožná s žádnou hodnotou z **tab. 4.1**, proto nosnost musí být určena lineární interpolací mezi hodnotami plochy 1,1 a 1,17.

Určení nosnosti pomocí lineární interpolace

$$\begin{aligned} x_0 &= 375 \text{ kg} & y_0 &= 1,1 \text{ m}^2 \\ x_1 &= 400 \text{ kg} & y_1 &= 1,17 \text{ m}^2 \\ x &= ? \text{ kg} & y &= S_K = 1,1338 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{y - y_0}{y_1 - y_0} &= \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} \\ x &= \frac{(y - y_0) \times (x_1 - x_0)}{y_1 - y_0} + x_0 \\ x &= \frac{(1,1338 - 1,1) \times (400 - 375)}{1,17 - 1,1} + 375 \\ x &= 387 \text{ kg} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Nosnost vzhledem k ploše podlahy vychází 387 kg, která se však zaokrouhluje na hodnotu 400 kg odpovídající normované nosnosti. Zaokrouhlování nosnosti k vyšší hodnotě je dovoleno. Nyní je nutné určit maximální počet osob, které lze najednou přepravit. Hodnota se určí dvěma způsoby:

- Z vypočítané nosnosti x ze vzorce (4.4) dělené číslem 75 vyjadřující průměrnou váhu jedné osoby, přičemž výsledek se zaokrouhluje na nejbližší nižší číslo.
- Přiřazením vypočtené hodnoty plochy podlahy kabiny k nejbližšímu nižšímu číslu plochy podlahy v **tab. 4.2** a vyčtením počtu osob.

Výsledný dovolený počet najednou přepravovaných osob je číslo nižší z těchto dvou možností.

Tabulka 4.2 – Vztah mezi počtem osob a minimální užitnou plochou [5]

Počet osob	Minimální užitná plocha v kleci m ²	Počet osob	Minimální užitná plocha v kleci m ²
1	0,28	11	1,87
2	0,49	12	2,01
3	0,6	13	2,15
4	0,79	14	2,29
5	0,98	15	2,43
6	1,17	16	2,57
7	1,31	17	2,71
8	1,45	18	2,85
9	1,59	19	2,99
10	1,73	20	3,13

Určení maximálního počtu osob přepravitelného v jeden okamžik

a) Ze vzorce

$$n = \frac{x}{75} = \frac{387}{75} \quad (4.5)$$

$n = 5,16 \text{ osob}$

b) Z **tab. 4.2**

$$S_0 \leq S_k \leq S_1 \quad (4.6)$$

$$0,98 \leq 1,1338 \leq 1,17$$

$n = 5 \text{ osob}$

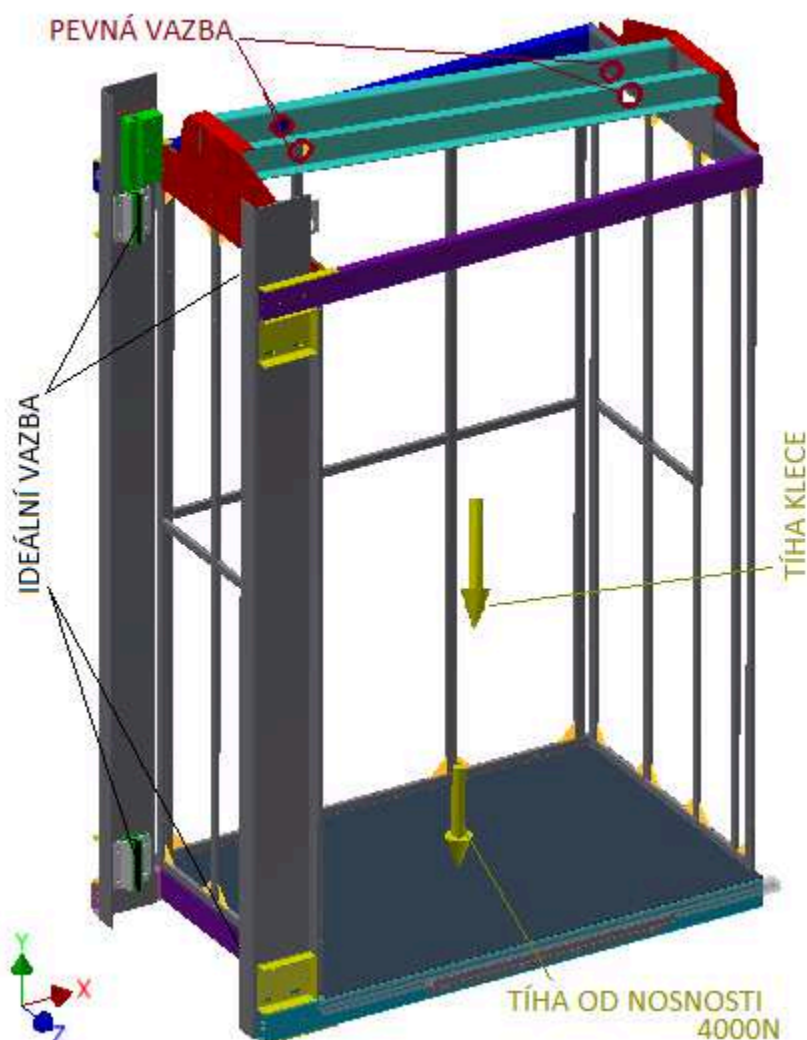
Výsledný dovolený počet najednou přepravovaných osob je tedy 5. Výsledná hodnota je brána z možnosti **b**, která vyšla nejnižší z obou hodnot.

4.5.2 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece

Napětí je zjišťováno na kleci neobsahující veškeré tenkostěnné plechy tvořící strop, přední stěnu kabiny a doplňky jako okopové plechy, rohy či podhled z důvodu neschopnosti programu spočítat jejich věrohodné deformování tedy způsobují snižování relevantnosti výsledků. Taktéž do výpočtu nejsou zahrnuty boční a zadní stěny ze dřeva potaženého z obou stran folií, jelikož zjištění jejich deformace není taktéž dobře zjistitelné. Odstraněním veškerých zkreslujících komponent dojde ke zvýšení hodnot napětí ve výsledku, což není nežádoucí, jelikož klec je navrhována bezpečná i bez těchto komponent, takže po jejich použití budou hodnoty napětí nižší a tím pádem bezpečnost klece vyšší.

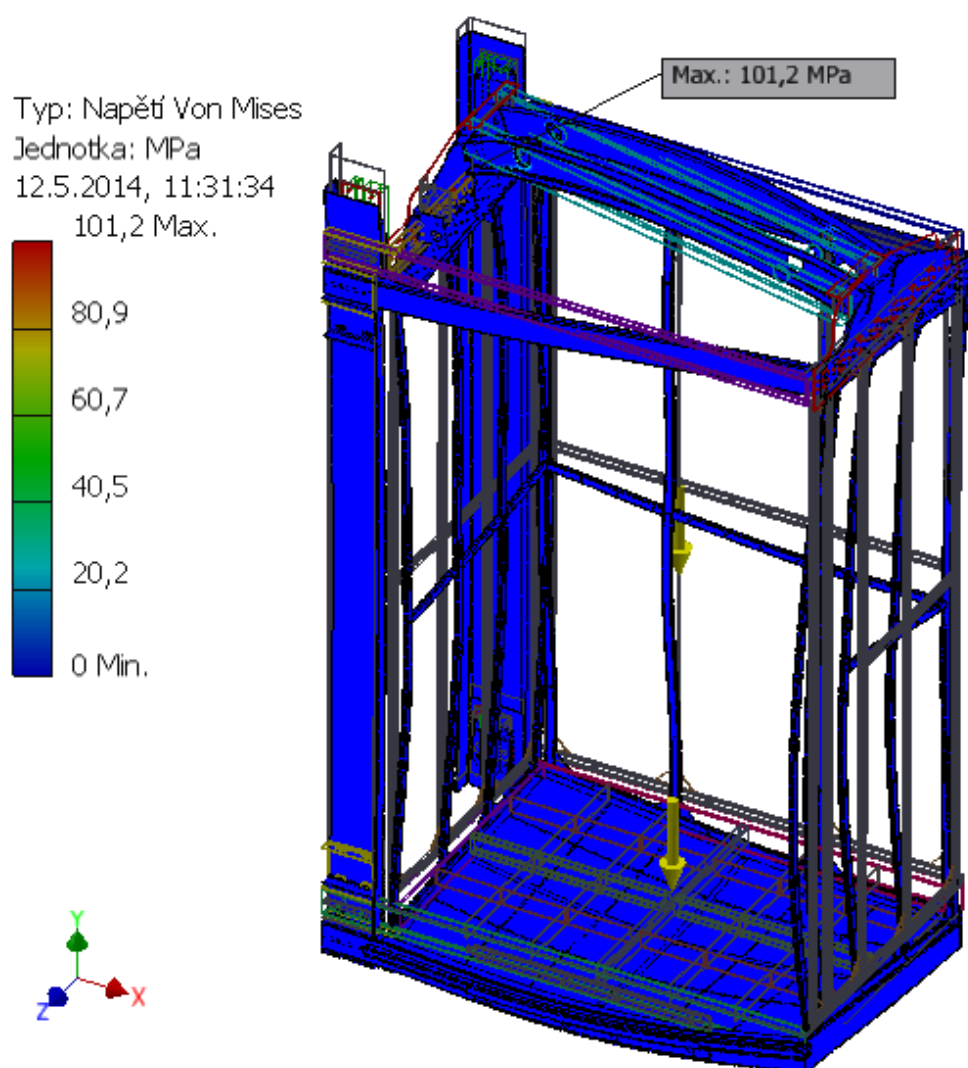
4.5.2.1 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při běžném provozu

Běžný provoz představuje klec zatíženou maximální nosností 400 kg a svou vlastní tíhou. Držení klece v ose y je zajišťováno přes závěs v podobě dvou kladek umístěných na stropě mezi dvěma nosníky tvaru U. Držení v ose x a z je zajištěno přes čelisti klece sloužících k jejímu vedení v dráze vodítek. Závěs je zjednodušený odstraněním kladek a jejich čepů a místo těchto prvků jsou v otvorech nosníků U zavedené pevné vazby nedovolující posunutí v ose y. Vodítka, po kterých je klec skrze čelisti vedena, jsou nahrazena ideálními vazbami v místech dotyku čelistí a vodítek a zabráňující posunutí klece ve směru na tyto místa kolmém. Tyto veškeré informace jsou zobrazeny na **obr. 4.11**.

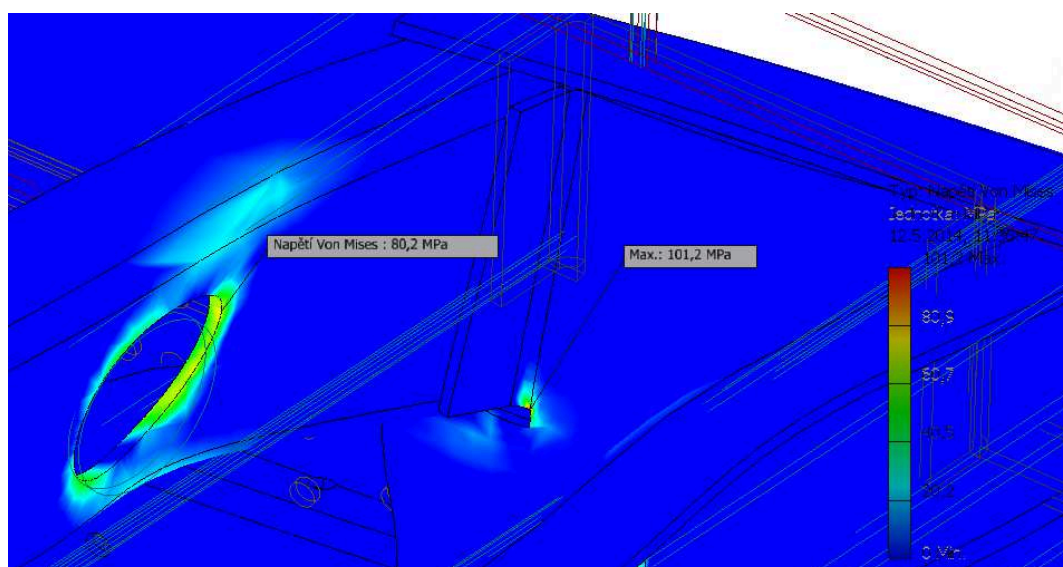


Obrázek 4.11 – Popis sil a vazeb použitých pro simulaci

Na **obr. 4.12**, je vidět výsledek simulace klece zatížené maximální nosností při běžném provozu. Na obrázku je vidět, že v kleci během provozu nevznikají žádná kriticky namáhaná místa a dá se tedy říci, že klec působí jako velice tuhý celek. Nejvíce zatížené jsou samozřejmě oba nosníky U v místech otvorů pro čepy kladek závěsu. Nejvyšší napětí v těchto otvorech je 80,2 MPa, **obr. 4.13**. Maximální napětí o hodnotě 101,2 MPa vzniklé v zatížené kleci není příliš přesné. Jedná se o koncentraci vzniklou na hraně prvku, který slouží k vyztužení a zlepšení přenosu sil do bočního nosného plechu. Chybou sítě, již nelze odstranit, ale pouze koncentrovat do menšího bodu, tedy dojde ke zbytečnému zvýšení výsledného napětí, **obr. 4.13**. Ve skutečnosti dojde pouze k jisté místní plastické deformaci nijak neohrožující celistvost klece.



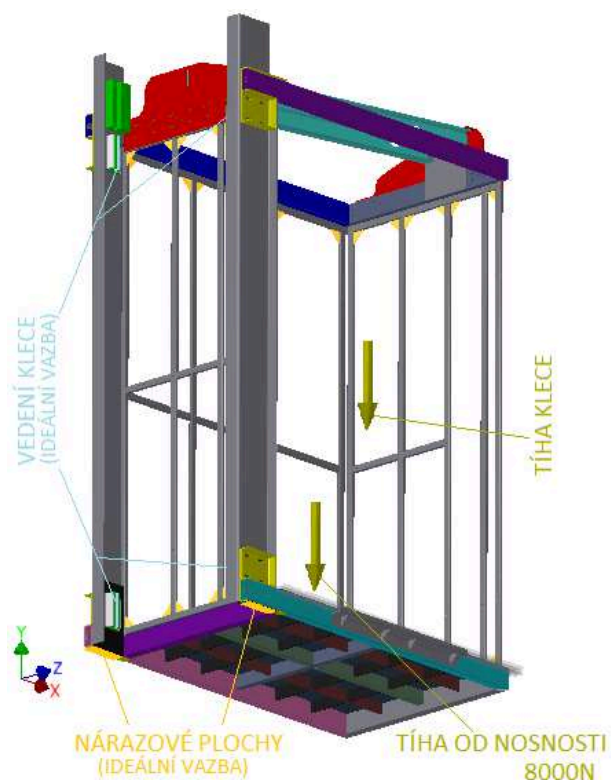
Obrázek 4.12 – Vzniklá napětí v kleci při běžném provozu



Obrázek 4.13 – Detail koncentrace napětí a napětí v otvoru pro čep kladky

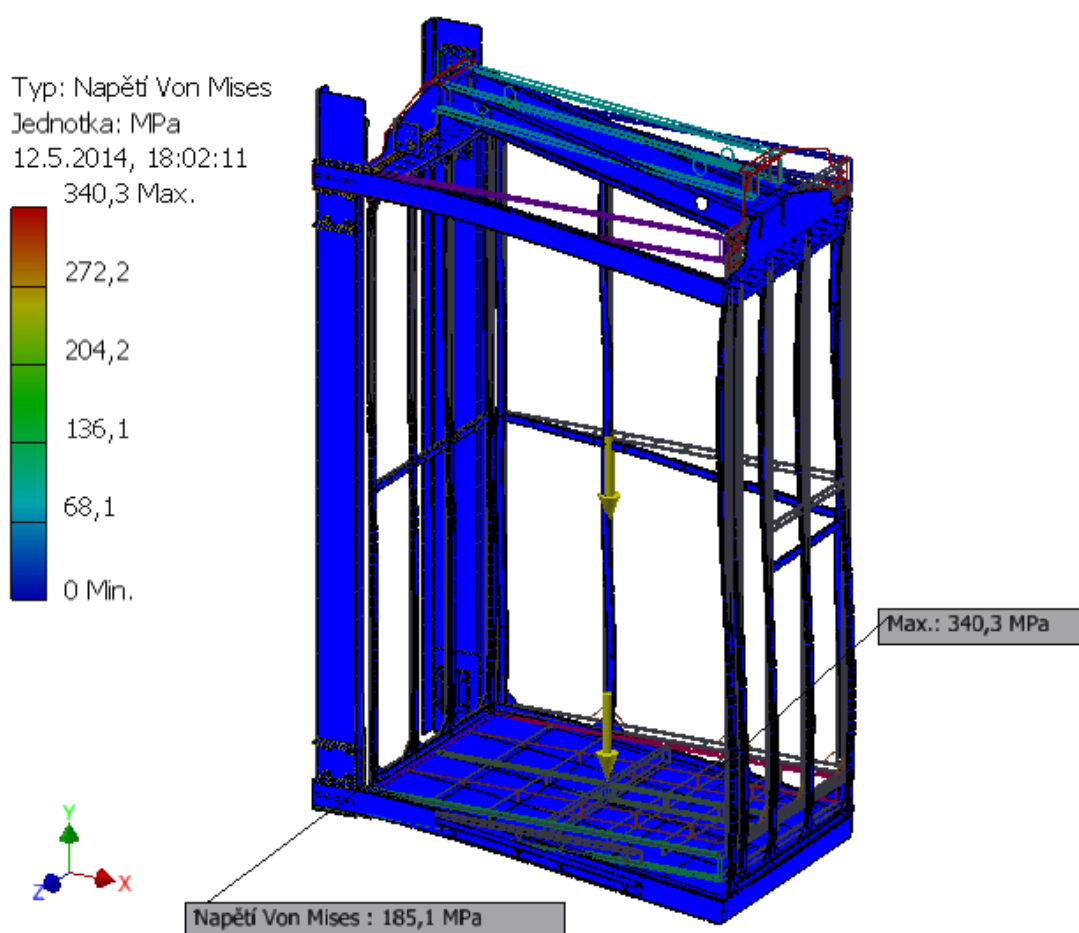
4.5.2.2 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při dosednutí na nárazník v prohlubni

Jedná se o situaci, kdy plně naložená klec (400 kg) narazí v plné rychlosti (1 m/s) na nárazníky a zastaví se se zpomalením 10 m/s^2 (přetížení 2g). Nárazníky jsou simulovány v podobě ideální vazby bránící v pohybu po ose y a umístěné na plochy dotyku nárazníku s nárazovou plochou klece, **obr. 4.14**. Držení v ose x a z je zajištěno přes další ideální vazby umístěné na čelistech klece sloužících k jejímu vedení v dráze vodiček. Závěs klece je v tomto případě nečinný a pouze zvyšuje zatížení.

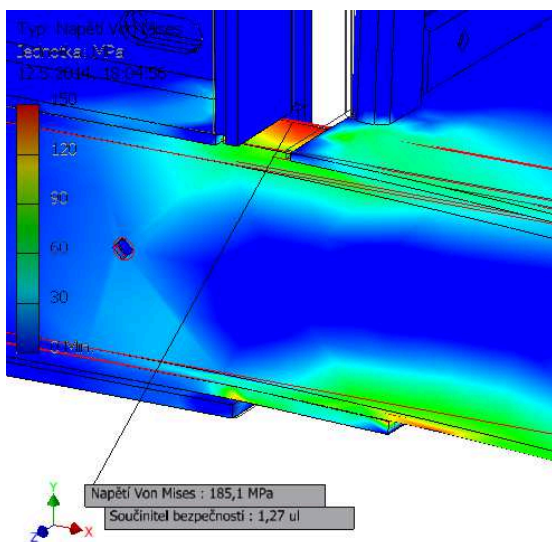


Obrázek 4.14 – Popis sil a vazeb použitých pro simulaci

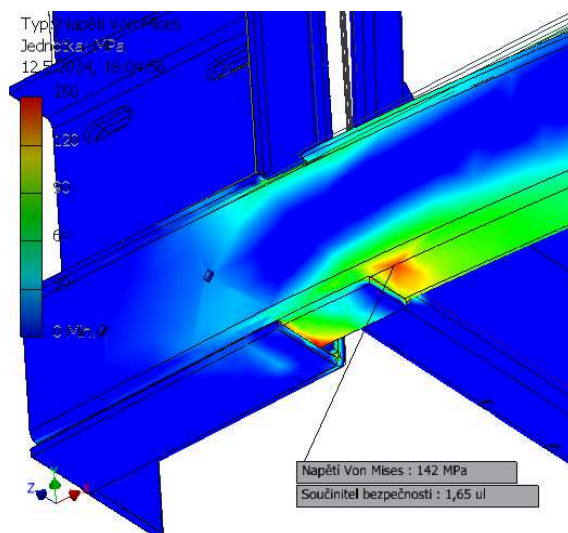
Na **obr. 4.15** je vidět klec ve stavu po simulovaném nárazu na pryžové nárazníky v prohlubni. Vzniklé maximální napětí o hodnotě 340,3 MPa je však nerelevantní, jelikož se jedná o chybu vzniklou v síti, viz **obr. 4.18**, v zadním spodním profilu stěny blízko otvoru pro šroub. Relevantní hodnoty napětí jsou v místech blízko styku obdélníkových ramen se Z profily, kde působí značné ohybové momenty od zatížení klece a její samotné hmotnosti. Na **obr. 4.16** a **obr. 4.17** jsou vidět ramena se značně namáhanými krajními vlákny (o hodnotě až 185 MPa). Koncentrované napětí ve styku hran výztuže s rameny, které vzniklo otláčením je nerelevantní, protože se ve skutečnosti dojde k plastické deformaci odstraňující takovou hodnotu. Ve výsledku lze říci, že v kleci nevznikají napětí, která by jakýmkoliv způsobem narušovala integritu celé sestavy.



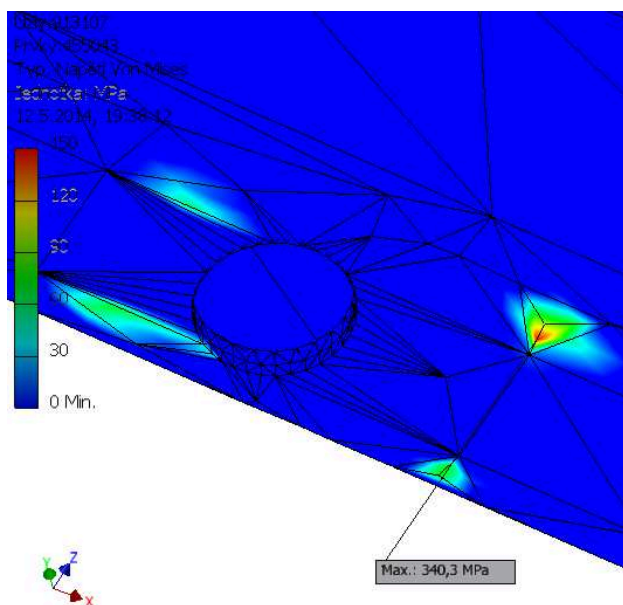
Obrázek 4.15 – Vzniklá napětí v kleci při dosednutí na nárazníky



Obrázek 4.16 – Horní krajní vlákna ramene



Obrázek 4.17 – Spodní krajní vlákna ramene

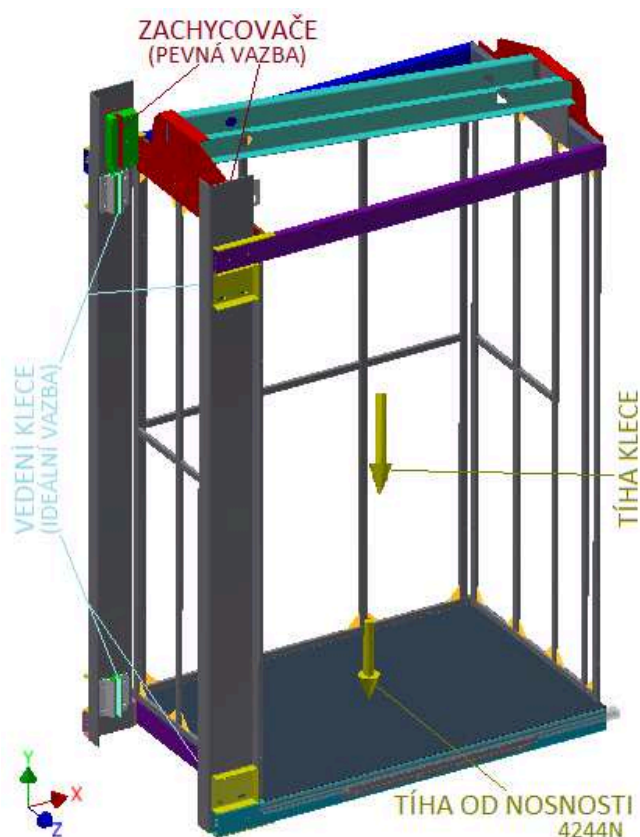


Obrázek 4.18 – Vada sítě s koncentrací napětí

4.5.2.3 Analýza napětí vzniklých v sestavě klece při působení zachycovačů

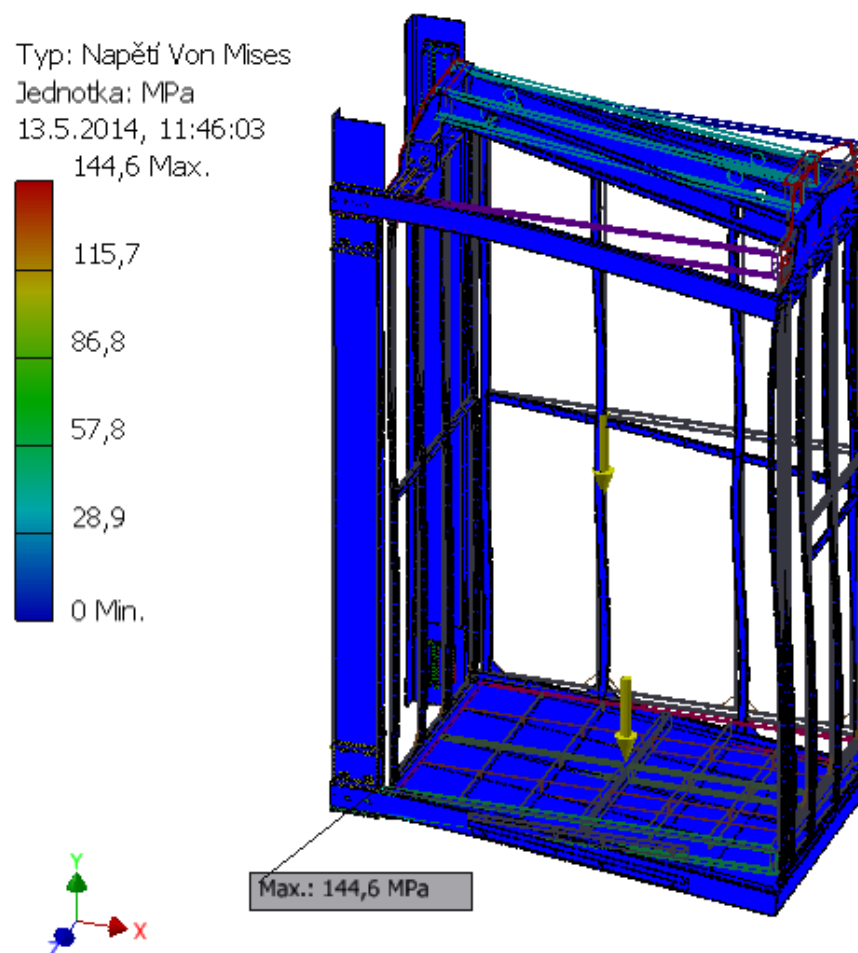
Tato situace nastává v případě aktivace zachycovačů pro příliš rychlou jízdu klece, popojetí klece z nástupní stanice či dojezdu klece do omezeného pásma v případě revizní jízdy. Řešená analýza je pro nejnepríznivější ze všech jmenovaných možností a to pro působení zachycovačů při překročení dovolené rychlostí plně zatížené klece (400 kg). Takovýto případ dovoluje maximální zpomalení klece $0,8 \text{ m/s}^2$ dle EN 81-1+A3. Vazby klece jsou řešeny u čelistí stejným způsobem jako v předešlých případech pomocí ideální vazby nahrazující vodítka. Držení, či brzdění klece je řešeno pevnou vazbou umístěnou na

zachycovačích, **obr. 4.19**. Dovolené zpomalení $0,8 \text{ m/s}^2$ je promítnuto jak do zvýšeného zatížení od nosnosti klece, tak i do jednotlivých částí klece.

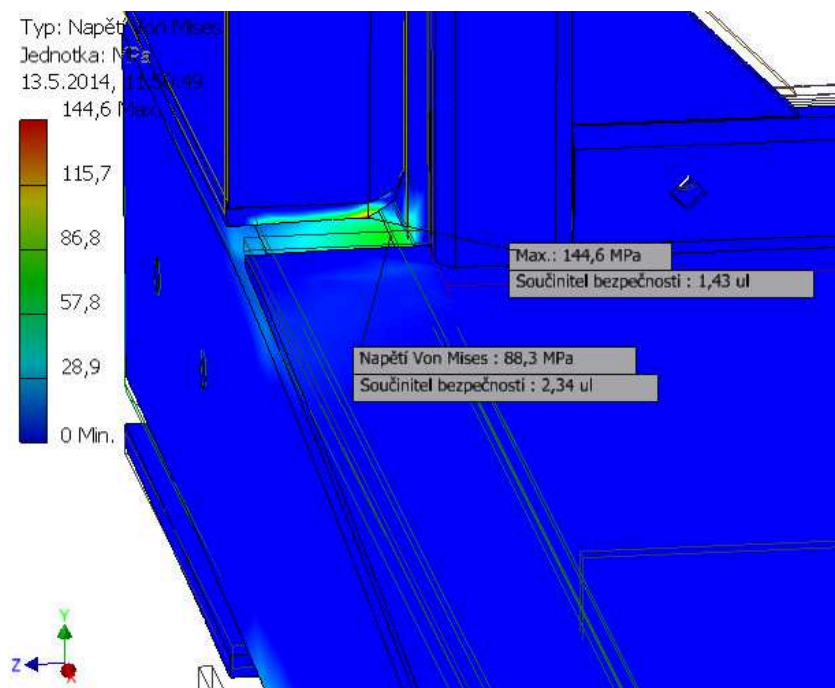


Obrázek 4.19 – Popis sil a vazeb použitých pro simulaci

Při simulovaném působení zachycovačů působících se zpomalením $0,8 \text{ m/s}^2$ leze říci podle **obr. 4.20**, že v kleci nevznikají žádné vysoké hodnoty napětí, která by mohli vést k trvalé deformaci částí klece. Nejvyšší vzniklé napětí je $144,6 \text{ MPa}$ na hraně výztuhy dotýkající se spodního předního obdélníkového ramene, viz **obr. 4.21**, takže i když hodnota není příliš vysoká, je stále nevěrohodná a ve skutečnosti bude nižší. Věrohodná je hodnota napětí ve spodním předním rameni o hodnotě $88,3 \text{ MPa}$, která je zároveň nejvyšší relevantní hodnotou. Analýza tedy prokázala, že nedojde vlivem působení zachycovačů k poškození dílů klece.



Obrázek 4.20 – Vzniklá napětí v kleci při působení zachycovačů



Obrázek 4.21 – Detail koncentrace napětí a nejvyššího skutečného napětí

4.5.3 Kontrolní výpočet

Jedná se o kontrolní výpočet průhybu a napětí horního předního ramene klece rozměru 90x30x3 mm s hodnotami při dosednutí na nárazníky. Kontrola je provedena z důvodu ověření správnosti výsledků získávaných z počítačové simulace.

4.5.3.1 Kvadratický moment průřezu

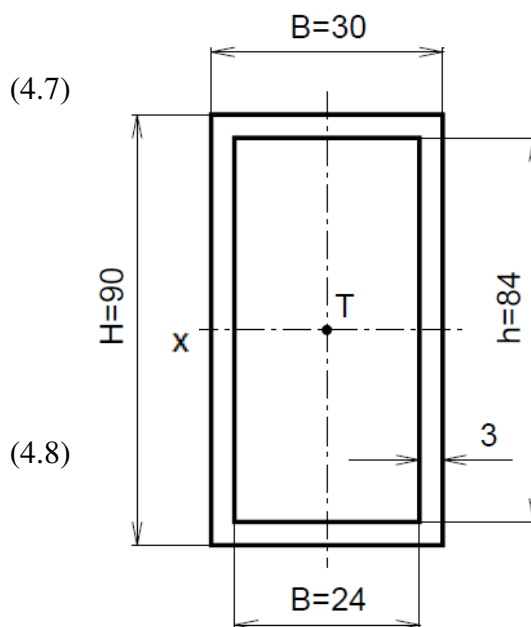
$$J_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} \quad (4.7)$$

$$J_x = \frac{30 \times 90^3 - 24 \times 84^3}{12} = 637092 \text{ mm}^4$$

4.5.3.2 Průřezový modul v ohybu

$$W_o = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} \quad (4.8)$$

$$W_o = \frac{30 \times 90^3 - 24 \times 84^3}{6 \times 90} = 14157,6 \text{ mm}^3$$



Obrázek 4.22 – Profil 90x30x3 mm

4.5.3.3 Ohybový moment

$$M_o = F \times (l_A + l_B) + F \times l_B \quad (4.9)$$

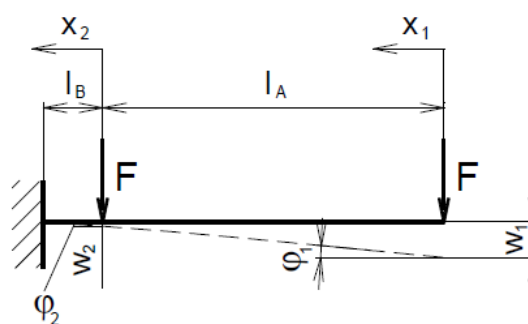
$$M_o = 1000 \times (1350 + 30) + 1000 \times 30$$

$$M_o = 705000 \text{ Nmm}$$

4.5.3.4 Ohybové napětí

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (4.10)$$

$$\sigma_o = \frac{705000}{14157,6} = 49,8 \text{ MPa}$$



Obrázek 4.23 – Situace namáhaného profilu

4.5.3.5 Výpočet průhybu analytickou metodou

Momenty v jednotlivých úsecích nosníku

$$x_1 \in \langle 0; l_A \rangle$$

$$M(x_1) = -F \times x_1 \quad (4.11)$$

$$x_2 \in \langle 0; l_B \rangle$$

$$M(x_2) = -F(l_A + x_2) - F \times x_2 \quad (4.12)$$

Vzorec pro výpočet natočení a průhybu v bodě 1

$$\frac{d^2 w_1}{dx_1^2} = -\frac{1}{EJ} M(x_1) = \frac{1}{EJ} \int F \times x_1 \quad (4.13)$$

Natočení v bodě 1

$$\frac{dw_1}{dx_1} = \varphi_1 = \frac{1}{EJ} \left(F \times \frac{x_1^2}{2} + c_1 \right) \quad (4.14)$$

Průhyb v bodě 1

$$w_1 = \frac{1}{EJ} \left(F \times \frac{x_1^3}{6} + c_1 x_1 + c_2 \right) \quad (4.15)$$

Vzorec pro výpočet natočení a průhybu v bodě 2

$$\frac{d^2 w_1}{dx_1^2} = -\frac{1}{EJ} M(x_2) = \frac{1}{EJ} \int [F(l_A + x_2) + F \times x_2] \quad (4.16)$$

Natočení v bodě 2

$$\frac{dw_2}{dx_2} = \varphi_2 = \frac{1}{EJ} \left[F \left(l_A x_2 + \frac{x_2^2}{2} \right) + F \frac{x_2^2}{2} + c_3 \right] \quad (4.17)$$

Průhyb v bodě 2

$$w_2 = \frac{1}{EJ} \left[F \left(l_A \frac{x_2^2}{2} + \frac{x_2^3}{6} \right) + F \frac{x_2^3}{6} + c_3 x_2 + c_4 \right] \quad (4.18)$$

Okrajové podmínky

1. $x_2 = l_B$ pro $\varphi_2 = 0$

$$F\left(l_A \times l_B + \frac{l_B^2}{2}\right) + F \frac{l_B^2}{2} + c_3 = 0 \quad \text{z (4.17)}$$

$$c_3 = -F\left(l_A \times l_B + \frac{l_B^2}{2}\right) - F \frac{l_B^2}{2} = -1000\left(1350 \times 30 + \frac{30^2}{2}\right) - 1000 \times \frac{30^2}{2}$$

$$c_3 = -414 \cdot 10^5$$

2. $x_2 = l_B$ pro $w_2 = 0$

$$F\left(l_A \times \frac{l_B^2}{2} + \frac{l_B^3}{6}\right) - F \frac{l_B^3}{6} + c_3 l_B + c_4 = 0 \quad \text{z (4.18)}$$

$$c_4 = -F\left(l_A \times \frac{l_B^2}{2} + \frac{l_B^3}{6}\right) - F \frac{l_B^3}{6} - c_3 l_B$$

$$c_4 = -1000\left(1350 \times \frac{30^2}{2} + \frac{30^3}{6}\right) - 1000 \times \frac{30^3}{6} - (-414 \cdot 10^5) \times 30$$

$$c_4 = 6255 \cdot 10^5$$

3. $x_1 = l_A \wedge x_2 = 0$ pro $\varphi_1 = \varphi_2$

$$F \frac{l_A^2}{2} + c_1 = c_3 \quad \text{z (4.14) a (4.17)}$$

$$c_1 = c_3 - F \frac{l_A^2}{2} = -414 \cdot 10^5 - 1000 \frac{1350^2}{6}$$

$$c_1 = -95265 \cdot 10^4$$

4. $x_1 = l_A \wedge x_2 = 0$ pro $w_1 = w_2$

$$F \frac{l_A^3}{6} + c_1 l_A + c_2 = c_4 \quad \text{z (4.15) a (4.18)}$$

$$c_2 = c_4 - F \times \frac{l_A^3}{6} - c_1 l_A = 6255 \cdot 10^5 - 1000 \frac{1350^3}{6} + 95265 \cdot 10^4 \times 1350$$

$$c_2 = 8,766405 \cdot 10^{11}$$

Průhyb v bodě 1 po dosazení do vzorce (4.15)

$$w_1 = \frac{1}{2,1 \cdot 10^5 \times 637092} \left(1000 \times \frac{0^3}{6} + (-95265 \cdot 10^4 \times 0) + 8,766405 \cdot 10^{11} \right)$$
$$w_1 = 6,552 \text{ mm}$$

4.5.3.6 Porovnání výsledků

Kontrolní výpočet ↔ Počítačová simulace

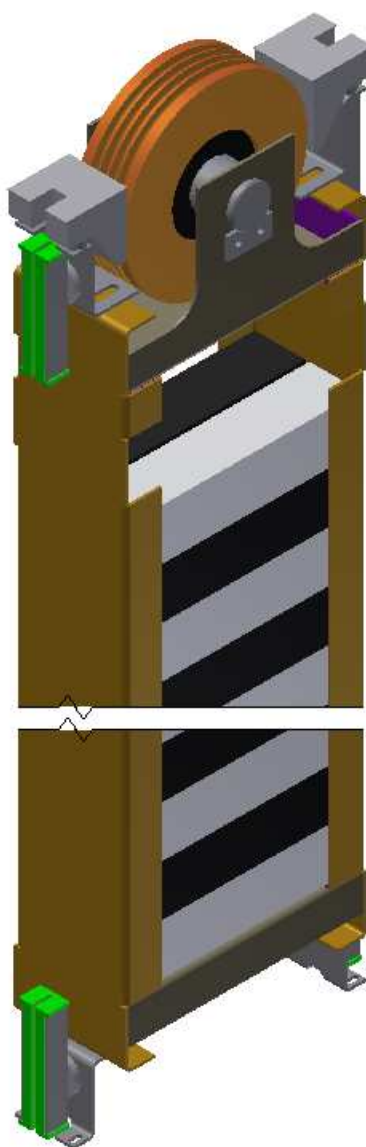
$w_1 = 6,552 \text{ mm}$ ↔ $\cong 4,413 \text{ mm}$

$\sigma_o = 49,8 \text{ MPa}$ ↔ $\cong 60 \text{ MPa}$

Při porovnání výsledků získaných z počítače s výsledky vypočtenými je možné říci, že výsledky podávané počítačem jsou věrohodné a rozdíly mezi nimi jsou způsobeny provázaností celé konstrukce v počítačové simulaci.

5 NÁVRH PROTIVÁHY

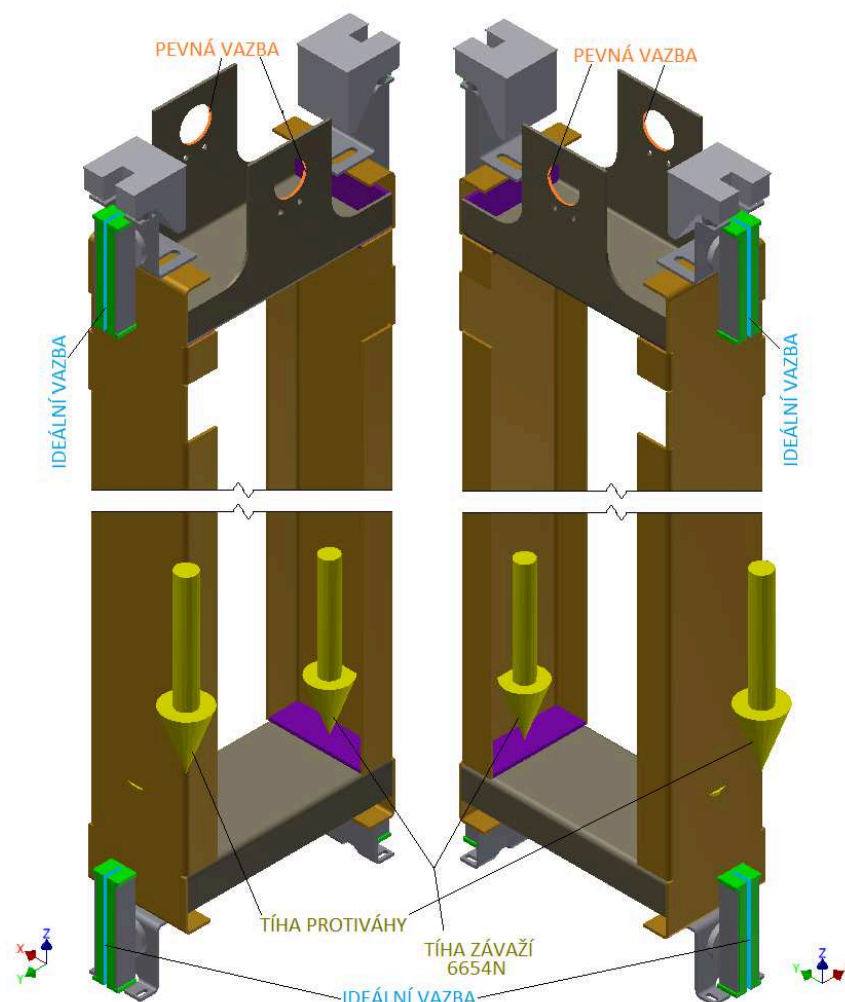
Protiváha, **obr. 5.1**, je řešena jednoduše z ohýbaných profilů tvaru U s konci uzavřenými přivařenými žebry s navrtanými otvory pro sešroubování protiváhy. Horní profil U je doplněn o ramena sloužící k držení kladky protiváhy. Boční vertikální profily U mají ve vrchní části výřez pro vkládání ocelových sochorů o rozměrech 70x70x320 mm položených ve dvou řadách o celkovém počtu 54 ks a na obou koncích obrubu pro přichycení čelistí protiváhy, která je v případě užití ve vrchní části opatřena navíc maznicí.



Obrázek 5.1 – Protiváha

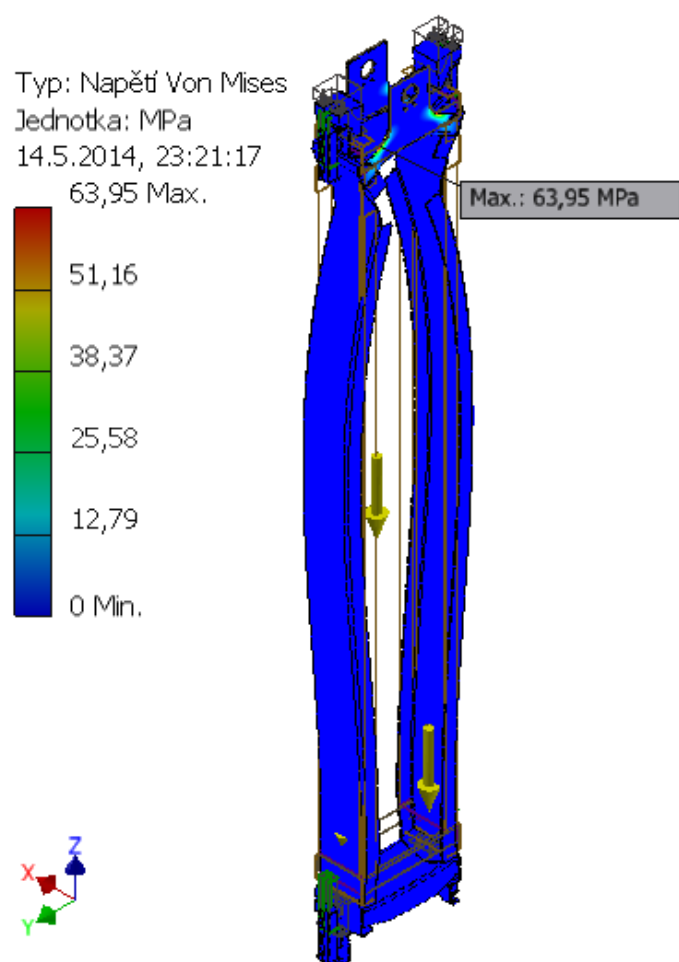
5.1 Analýza napětí vzniklých v protiváze

Protiváha, **obr. 5.2**, je upravená pro simulaci v podobě odebraných sochorů, které jsou nahrazeny silami od jejich působení na dosedací plochy, zavedení síly, která bere v potaz váhu rámu protiváhy, použitím ideální vazby na plochách čelistí určených ke kontaktu s vodítky a pevné vazby v otvorech pro čep kladky nesoucí protiváhu.

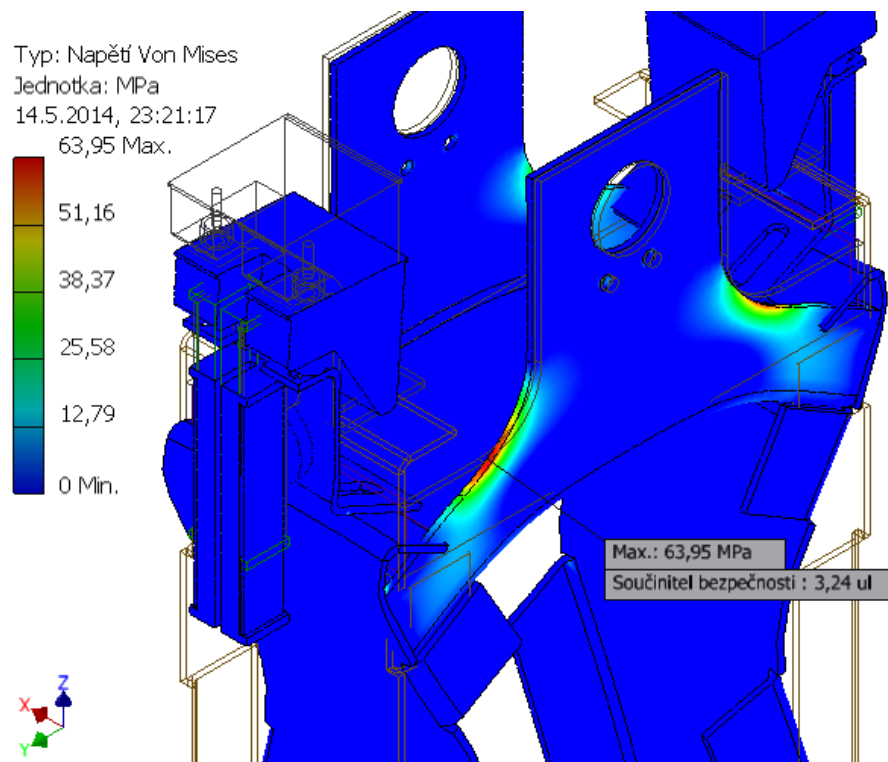


Obrázek 5.2 – Pohled na síly a vazby z levé a pravé strany

Samotná simulace, **obr. 5.3**, prokázala, že je protiváha navržena správně, jelikož v ní nevznikají žádná vysoká napětí. Nejvyšší dosažená hodnota je 63,95 MPa v místě přechodu ramene sloužícího k uchycení kladky do horizontální obruby profilu U s rameny, viz **obr. 5.4**. Zvýšené koncentraci napětí je zabráněno pomocí zaoblení v přechodu o poloměru 40 mm.



Obrázek 5.3 – Vzniklá napětí v protiváze



Obrázek 5.4 – Detail místa protiváhy s nejvyšším napětím

6 VÝPOČET ELEKTRICKÉHO VÝTAHU DLE EN 81-1+A3

Jedná se o výpočetní zprávu, která musí být doložena ke každému novému či rekonstruovanému výtahu. Zpráva se zaměřuje především na namáhání vodiček klece, výpočet třecí schopnosti trakční kladky a výpočet nosných lan a nárazníků.

Zde uvedené výsledky se odkazují na výpočty provedené v Příloze D.

6.1 Namáhání vodiček klece

Použité vodička	T90x75x16	
Počet vodiček	2	ks
Vzpěrná síla způsobená klecí F_k	9025	N
Zatížení prahu během nakládání a vykládání F_s	1569,6	N

6.1.1 Namáhání na ohyb při působení zachycovačů

Namáhání vodiček k ose y silami ve vodičích čelistech

F_x	3590,8	N
M_y	1346549	Nmm
σ_y	118,12	MPa

Namáhání vodiček k ose x silami ve vodičích čelistech

F_y	-65,1	N
M_x	24418	Nmm
σ_x	1,17	MPa

Namáhání na vzpěr

Napětí ve vodičku σ_k	35,43	MPa
------------------------------	-------	-----

Kombinované namáhání ve vzpěru, ohybu a tlaku

Namáhání na ohyb σ_m	119,29	MPa
Namáhání na ohyb a tlak σ	135,19	MPa
Namáhání na ohyb a vzpěr σ_c	142,79	MPa
Dovolené namáhání – působení zachycovačů σ_{dovz}	205	MPa
$\sigma_m, \sigma, \sigma_c \leq \sigma_{dovz}$	Vyhovuje	

Ohyb příruby vodítka

σ_F	82,01	MPa
Dovolené namáhání – působení zachycovačů σ_{dovz}	205	MPa
$\sigma_F \leq \sigma_{dovz}$	Vyhovuje	

Průhyby vodítek

Průhyb v ose x δ_x	3,87	mm
Průhyb v ose y δ_y	0,04	mm
Dovolený průhyb δ_{dov}	5	mm
$\delta_x, \delta_y \leq \delta_{dov}$	Vyhovuje	

6.1.2 Namáhání na ohyb při normálním provozu - jízda

Namáhání vodítek k ose y silami ve vodících čelistech

F_x	-19,4	N
M_y	7257	Nmm
σ_y	0,64	MPa

Namáhání vodítek k ose x silami ve vodících čelistech

F_y	-49,1	N
M_x	18404	Nmm
σ_x	0,88	MPa

Kombinované namáhání v ohybu a tlaku

Namáhání na ohyb σ_m	1,52	MPa
Namáhání na ohyb a tlak σ	12,11	MPa
Dovolené namáhání – normální provoz, nakládání a vykládání σ_{dovn}	165	MPa
$\sigma_m, \sigma \leq \sigma_{dovn}$	Vyhovuje	

Ohyb příruby vodítka

σ_F	0,44	MPa
Dovolené namáhání – normální provoz, nakládání a vykládání σ_{dovn}	165	MPa
$\sigma_F \leq \sigma_{dovn}$	Vyhovuje	

Průhyby vodítek

Průhyb v ose x δ_x	0,02	mm
Průhyb v ose y δ_y	0,03	mm
Dovolený průhyb δ_{dov}	5	mm
$\delta_x, \delta_y \leq \delta_{dov}$	Vyhovuje	

6.1.3 Namáhání na ohyb při normálním provozu – nakládání, vykládání

Namáhání vodítek k ose y silami ve vodících čelistech

F_x	437	N
M_y	163877	Nmm
σ_y	14,38	MPa

Namáhání vodítek k ose x silami ve vodících čelistech

F_y	-666,9	N
M_x	250096	Nmm
σ_x	12,02	MPa

Kombinované namáhání v ohybu a tlaku

Namáhání na ohyb σ_m	26,4	MPa
Namáhání na ohyb a tlak σ	36,99	MPa
Dovolené namáhání – normální provoz, nakládání a vykládání σ_{dovn}	165	MPa
$\sigma_m, \sigma \leq \sigma_{dovn}$	Vyhovuje	

Ohyb příruby vodítka

σ_F	9,98	MPa
Dovolené namáhání – normální provoz, nakládání a vykládání σ_{dovn}	165	MPa
$\sigma_F \leq \sigma_{dovn}$	Vyhovuje	

Průhyby vodítek

Průhyb v ose x δ_x	0,47	mm
Průhyb v ose y δ_y	0,37	mm
Dovolený průhyb δ_{dov}	5	mm
$\delta_x, \delta_y \leq \delta_{dov}$	Vyhovuje	

6.2 Výpočet třecí schopnosti trakční kladky

6.2.1 Podmínka při nakládání klece

Klec je zatížena 125% nosnosti v dolní stanici.

Síly na straně kabiny T_1	5141	N
Síly na straně protizávaží T_2	3531,6	N
Poměr T_1/T_2	1,46	-
$e^{f\alpha}$	1,72	-
$T_1/T_2 \leq e^{f\alpha}$	Vyhovuje	

6.2.2 Podmínka při stojící kleci

Prázdná klec v horní stanici, protiváha na náraznících a prokluzující trakční kladka.

Síly na straně kabiny T_1	2844,9	N
Síly na straně protizávaží T_2	137,9	N
Poměr T_1/T_2	20,63	-
$e^{f\alpha}$	2,95	-
$T_1/T_2 \geq e^{f\alpha}$	Vyhovuje	

6.2.3 Podmínka při nouzovém zastavování

Plná klec při jízdě směrem dolů.

Síly na straně kabiny T_1	4880,5	N
Síly na straně protizávaží T_2	3351,6	N
Poměr T_1/T_2	1,46	-
$e^{f\alpha}$	1,63	-
$T_1/T_2 \leq e^{f\alpha}$	Vyhovuje	

6.3 Výpočet nosných lan

6.3.1 Volba vhodných lan

Lano dle normy	EN 12385-4	
Druh lana	DRAKO 250T - 1770	
Průměr lana d	8	mm
Počet lan n	4	ks
Celková délka lana	30	m
Jmenovitá únosnost lana	42 700	N
Zaručená únosnost lana	43300	N
Hmotnost 1m lana	0,25	kg
$p \leq p_{dov}$	Vyhovuje	

6.3.2 Stanovení požadované bezpečnosti

Součinitel k_p	1	-
Ekvivalentní počet lanových kladek $N_{\text{equiv}(p)}$	9	-
Ekvivalentní počet ovládacích kladek N_{equiv}	11,5	-
Poměr hnacího kotouče D_t /průměr lana d	30	-
Požadovaná bezpečnost lan S_f	33,97	-
Maximální tíha lan $G_{L,m}$	108,5	N
Celková síla na lanech $F_{L,m}$	4512,6	N
Síla na každém laně F_L	1128,2	N
Skutečná bezpečnost S_s	37,85	-
$S_f \leq S_s$	Vyhovuje	

6.3.3 Výpočet velikosti průměru kladky

Průměr trakční kladky D_{tr}	240	mm
Průměr odkláněcí kladky D_{od}	240	mm
Minimální požadovaný průměr trakční kladky D_{Do}	200	mm
$D_{tr}, D_{od} \leq D_{Do}$	Vyhovuje	

6.3.4 Výpočet tlaku v drážkách

Tlak v drážce p	4,88	MPa
Dovolený tlak v drážce p_{dov}	6,83	MPa
$p \leq p_{dov}$	Vyhovuje	

6.4 Výpočet nárazníků

6.4.1 Pro klec

Typ nárazníku	Akumulující energii s nelineární charakteristikou	
Označení nárazníku	T2	
Počet nárazníků n	2	ks
Statické zatížení nárazníku F_{st}	4513	N
Minimální zatížení nárazníku dle rychlosti F_{min}	2900	N
Maximální zatížení nárazníku dle rychlosti F_{max}	8000	N
Mezní stlačení nárazníku y_m	62	mm
Stlačení nárazníku y_n	32,5	mm
$y_n \leq y_m$	Vyhovuje	
$F_{min} \leq F_{st} \leq F_{max}$	Vyhovuje	

6.4.2 Pro protiváhu

Typ nárazníku	Akumulující energii s nelineární charakteristikou	
Označení nárazníku	T2	
Počet nárazníků n	1	ks
Statické zatížení nárazníku F_{st}	7063	N
Minimální zatížení nárazníku dle rychlosti F_{min}	2900	N
Maximální zatížení nárazníku dle rychlosti F_{max}	8000	N
Mezní stlačení nárazníku y_m	62	mm
Stlačení nárazníku y_n	44	mm
$y_n \leq y_m$	Vyhovuje	
$F_{min} \leq F_{st} \leq F_{max}$	Vyhovuje	

Skutečné hodnoty stlačení nárazníků y_n jsou brány z grafu v příloze C.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout výtah pro dopravu osob v konkrétním bytovém domě.

Návrh výtahu spočíval ve zvolení konstrukce šachty podle zjištěných rozměrů prostoru pro něj určeném. Konstrukce šachty byla tedy zvolena z ocelových uzavřených profilů poskládaných do podoby příhradové konstrukce. Následně byl vyhodnocen vhodný lanový systém s lanovým převodem $ik=2$ pro který byla navržena klec s bočním vedením a protiváhou umístěnou mezi vodítky klece. Díky takovému provedení byla půdorysná plocha šachty využita maximálně a taktéž zvolené řešení umožnilo využití světlíku v posledním patře budovy k umístění výtahového stroje.

Při návrhu klece musely být zohledněny malé prostory v hlavě šachty a v prohlubni. Z důvodu těchto omezení byla klec navržena v podobě kabiny integrované do rámu. Takto navržena kabina slouží ve značné míře také k přenosu sil do závěsu lan a zvětšuje tuhost celé klece. Díky tomu bylo největší relevantní napětí zjištěné při simulaci nárazu klece na nárazníky v prohlubni 185 MPa, které nijak neohrožuje její integritu. Hodnoty bylo dosaženo hmotností klece 520 kg a nosností 400 kg určené podle plochy podlahy umožňující přepravu 5-ti osob.

Protiváha umístěná v prostoru mezi vodítky klece je navržena jako jednoduchý rám z ohýbaných plechů do tvaru U se zavařenými konci pomocí vložených žeber s otvory pro smontování komponentů dohromady. Vrchní nosník je navržen pro uchycení nosné kladky. Protiváha je široká bez vodících čelistí 330 mm, vysoká od spodních čelistí po vrch kladky 2495 mm a hluboká 153 mm s váhou 720 kg díky dvěma řadám ocelových sochorů o celkovém počtu 54 ks a rozměrech 70x70x320 mm.

Výtah je vyřešen v souladu s normou ČSN EN 81-1+A3 a normou ČSN EN 81-21 řešící problémy malé prohlubně a hlavy šachty nových výtahů v existujících budovách.

8 POUŽITÁ LITERATURA

a) Knižní publikace

- [1] LENERT, J. Pružnost a pevnost I, 1. vyd., Ostrava, VŠB-TUO, 1998
- [2] Polák, J., Slíva, A. Dopravní a manipulační zařízení III., Ostrava, VŠB-TUO, 2005
- [3] Janovský, L., Doležal, J. Výtahy a eskalátory, Praha, SNTL, 1980
- [4] Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. Strojnické tabulky, Praha, Scientia, 1999

b) Normy

- [5] Norma ČSN EN 81-1+A3 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů (Část 1: Elektrické výtahy), Praha, UNMZ, 2010
- [6] Norma ČSN EN 81-21 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů – Výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů – Část 21: Nové výtahy pro dopravu osob a osob a nákladů v existujících budovách, Praha, UNMZ, 2010

c) Internetové zdroje

- [7] Bocko, P., Boris, F., TEÓRIA DOPRAVNÝCH A MANIPULAČNÝCH ZARIADENÍ, 2000
<www.pbocko.szm.com/projects/publications/2000/osobne vytahy.pdf>
- [8] TECHNICAL CATALOGUE, Italy, SICOR S.p.A., 2013
<info@sicor-spa.it>
- [9] www.dynatech-elevation.com
- [10] www.aufzugteile.net
- [11] www.strojon-vytahy.cz

9 SEZNAM PŘÍLOH

a) Katalogové listy

- [A] Certifikát ocelové lano DRAKO 250T 8 x 19W + IWRC sZ
- [B] Výpočet vhodného výtahového stroje
- [C] Parametry nárazníku klece a protiváhy (NÁRAZNÍK T2)
- [D] Výpočet elektrického výtahu dle EN 81-1+A3

a) Výkresová dokumentace

[E]	El. výtah bez strojovny 400	Dispoziční výkres
[F]	Ocelová konstrukce šachty	Sestava
[G]	Klec	Sestava
[H]	Protiváha	Výrobní sestava